

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

24.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-089542

[ST.10/C]:

[JP 2002-089542]

出 願 人

Applicant(s):

松下電器産業株式会社

REC'D 16 MAY 2003

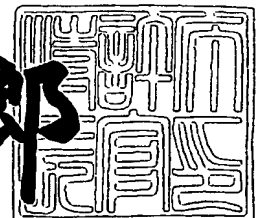
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3031337

【書類名】 特許願

【整理番号】 2054530195

【提出日】 平成14年 3月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 村松 小百合

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 村田 明夫

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 高橋 健

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100062926

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 東島 隆治

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 031691

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901660

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気検出素子及び磁気検出器、及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軟磁性膜の第 1 の磁性コア、

前記第 1 の磁性コアの上の一部分に形成された導体線、及び

前記第 1 の磁性コア及び導体線の上に前記導体線を挟んで形成された、厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 2 の磁性コア、

を有する磁気検出素子。

【請求項 2】 厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 1 の磁性コア、

前記第 1 の磁性コアの上の一部分に形成された導体線、及び

前記第 1 の磁性コア及び導体線の上に前記導体線を挟んで形成された、前記導体線の縁部近傍の厚さが薄くなされた軟磁性膜の第 2 の磁性コア、

を有する磁気検出素子。

【請求項 3】 前記導体線が絶縁膜を介して前記第 1 及び第 2 の磁性コアの間に挟まれていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 4】 前記第 1 の磁性コア及び第 2 の磁性コアの部分的に異なるそれぞれの厚さの薄い部分と厚い部分との比が 3 対 4 以下であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 5】 前記第 1 及び第 2 の磁性コアは、前記導体線の周辺部において厚さが薄くなされていることを特徴とする請求項 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 6】 前記第 1 の磁性コアは、前記導体線の縁部近傍の厚さが薄くなされていることを特徴とする請求項 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 7】 前記第 2 の磁性コアの、前記導体線を含む領域の厚さが部分的に薄くなされていることを特徴とする請求項 2、4、5、6 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 8】 前記導体線の周囲において前記第 2 の磁性コアの厚さが薄くなるように溝を設けたことを特徴とする請求項 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 9】 前記導体線を含む領域において、前記第 1 の磁性コアと第 2 の磁性コアが絶縁層により絶縁されていることを特徴とする請求項 1、2

、 4 から 8 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 1 0】 前記第 1 の磁性コアの端部領域が 2 層構造を有することを特徴とする請求項 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 1 1】 前記導体線の厚さが、前記第 1 の磁性コア及び第 2 の磁性コアのいずれか一方の厚さより厚いことを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 1 2】 前記導体線の厚さが、前記第 2 の磁性コアの厚さより厚いことを特徴とする請求項 1 1 記載の磁気検出素子。

【請求項 1 3】 前記導体線の、被検出磁界の方向に平行な方向の長さ \times 厚さの比（厚さ \div 長さ）が $1/4$ 以上であることを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 記載の磁気検出素子。

【請求項 1 4】 軟磁性膜の第 1 の磁性コアの一方の面の所定領域に形成した第 1 の導体線、

前記第 1 の磁性コアの他方の面の、前記第 1 の導体線に対向する領域に形成した第 2 の導体線、

前記第 1 の磁性コアの前記一方の面と第 1 の導体線の上に形成した第 2 の磁性コア、及び

前記第 1 の磁性コアの前記他方の面と前記第 2 の導体線の上に形成した第 3 の磁性コア

を有する磁気検出素子。

【請求項 1 5】 前記第 2 及び第 3 の磁性コアの厚さが部分的に異なることを特徴とする請求項 1 4 記載の磁気検出素子。

【請求項 1 6】 前記第 1 及び第 2 の導体線が、それぞれの絶縁膜を介して前記第 1、第 2 及び第 3 のそれぞれの磁性コアに接していることを特徴とする請求項 1 4 又は 1 5 記載の磁気検出素子。

【請求項 1 7】 前記第 1 及び第 3 の磁性コアの、薄い部分の厚さが厚い部分の厚さの $4/3$ 以下であることを特徴とする請求項 1 5 または 1 6 記載の磁気検出素子。

【請求項 1 8】 前記第 1 及び第 3 の磁性コアは、前記第 1 及び第 2 の導体

線の周辺に対向する部分の近傍が他の部分より薄くなされていることを特徴とする請求項 1 4 から 1 7 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 1 9】 前記第 1 及び第 3 の磁性コアは、前記第 1 及び第 2 の導体線の周辺部に対向する部分の一部分が他の部分より薄くなされていることを特徴とする請求項 1 4 から 1 7 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 2 0】 前記第 1 及び第 3 の磁性コアは、前記第 1 及び第 2 の導体線に対向する部分の一部分が薄くなされていることを特徴とする請求項 1 4 から 1 7 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 2 1】 前記第 1 及び第 3 の磁性コアのは、前記第 1 及び第 2 の導体線の周辺領域が除去されていることを特徴とする請求項 1 4 から 1 7 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 2 2】 前記第 1 及び第 2 の導体線の厚さが、前記第 2 及び第 3 の磁性コアの厚さより厚いことを特徴とする請求項 1 4 から 1 7 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 2 3】 厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 1 の磁性コア、
前記第 1 の磁性コアの上の一部分に形成された導体線、
前記第 1 の磁性コア及び導体線の上に前記導体線を挟んで形成された、厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 2 の磁性コア、
前記第 1 及び第 2 の磁性コアに、被検出磁界の方向に平行な方向のバイアス磁界を与える磁気バイアス手段、及び
前記導体線に、前記被検出磁界に直交する方向に交流電流を流す交流キャリア信号発生手段
を有する磁気検出器。

【請求項 2 4】 軟磁性膜の第 1 の磁性コアの一方の面の所定領域に形成した第 1 の導体線、
前記第 1 の磁性コアの他方の面の、前記第 1 の導体線に対向する領域に形成した第 2 の導体線、
前記第 1 の磁性コアの前記一方の面と第 1 の導体線の上に形成した軟磁性膜の第 2 の磁性コア、

前記第 1 の磁性コアの前記他方の面と前記第 2 の導体線の上に形成した軟磁性膜の第 3 の磁性コア、

前記第 1、第 2 及び第 3 の磁性コアに被検出磁界の方向に平行な方向のバイアス磁界を与える磁気バイアス手段、及び

前記第 1 及び第 2 の導体線に前記被検出磁界に直交する方向に交流電流を流す交流キャリア信号発生手段

を有する磁気検出器。

【請求項 2 5】 前記第 1 及び第 2 の導体線に互いに同相の交流キャリア電流を流し、前記第 1 の導体線と第 2 の導体線に互いに逆方向に直流電流を流して直流バイアス磁界を与えることを特徴とする請求項 2 4 に記載の磁気検出器。

【請求項 2 6】 前記第 1 の導体線の一端と、前記第 2 の導体線の一端が接続されてコイルになされていることを特徴とする請求項 2 4 又は 2 5 記載の磁気検出器。

【請求項 2 7】 前記第 1 の導体線及び第 2 の導体線に互いに逆位相交流キャリア電流を流し、前記第 1 の導体線と第 2 の導体線に互いに逆方向に直流電流を流して直流バイアス磁界を与えることを特徴とする請求項 2 4 記載の磁気検出器。

【請求項 2 8】 非磁性基板上に形成された、略長方形の軟磁性体の膜の第 1 の磁性コア、

前記第 1 の磁性コアの上に、前記長方形の第 1 の磁性コアの長手方向に直交する方向に所定の間隔をもって形成された複数の第 1 の導体線、

前記第 1 の導体線をはさんで、前記第 1 の磁性コアの上に形成された軟磁性膜の第 2 の磁性コア、及び

前記複数の第 1 の導体線を直列に接続する、複数の第 2 の導体線を有する磁気検出素子。

【請求項 2 9】 非磁性基板上に形成された、略長方形の軟磁性の膜の第 1 の磁性コア、

前記第 1 の磁性コアの上に、前記長方形の第 1 の磁性コアの長手方向に直交する方向に所定の間隔をもって形成された複数の第 1 の導体線、

前記第 1 の導体線をはさんで、前記第 1 の磁性コアの上に形成された第 2 の磁性コア、及び

前記複数の第 1 の導体線を直列に接続する、複数の第 2 の導体線

を有する複数の磁気検出素子を前記長手方向に並行して配列し、各検出素子の第 1 及び第 2 の導体線をすべて直列に接続したことを特徴とする請求項 2 8 記載の磁気検出素子。

【請求項 3 0】 非磁性基板上に並行して形成された、略長方形の複数の第 1 の磁性コア、

前記複数の第 1 の磁性コアの上に、前記複数の第 1 の磁性コアの長手方向に垂直な方向に所定の間隔をもって形成された複数の第 1 の導体線、

前記複数の第 1 の磁性コアの上に、前記第 1 の導体線をはさんでそれぞれ形成された第 2 の磁性コア、及び

前記複数の第 1 の導体線のすべてを直列に接続する第 2 の導体線を有する磁気検出素子。

【請求項 3 1】 前記第 2 の磁性コアの、前記第 1 の導体線の近傍の厚さを薄くしたことを特徴とする請求項 3 0 記載の磁気検出素子。

【請求項 3 2】 前記非磁性基板上に並行に形成された略長方形の複数の第 1 の磁性コア及び第 2 の磁性コアの、両端部のものの長さを中央部のものより短くしたことを特徴とする請求項 3 0 記載の磁気検出素子。

【請求項 3 3】 前記第 2 の導体線が、前記第 2 の磁性コアの上に形成された導電体の膜であることを特徴とする請求項 2 8 から 3 2 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 3 4】 前記第 1 の磁性コアと第 1 の導体線の間、前記第 1 の導体線と第 2 の磁性コアの間及び第 2 磁性コアと第 2 の導体線の上に絶縁膜が設けられていることを特徴とする請求項 2 8 から 3 3 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 3 5】 非磁性体の基板に軟磁性体の膜を所望のパターンに成膜し、第 1 の磁性コアを形成する工程、

前記第 1 の磁性コアの所定領域に所望のパターンの導電体の膜を成膜し、導体

線を形成する工程、

前記第 1 の磁性コアと導体線の上に軟磁性膜を所望のパターンに成膜し、第 2 の磁性コアを形成する工程、及び

前記第 2 の磁性コアの所定部分の厚さを薄くする工程
を有する磁気検出素子の製造方法。

【請求項 3 6】 非磁性体の基板に軟磁性体の膜を所望のパターンに成膜し、第 1 の磁性コアを形成する工程、

前記第 1 の磁性コアの上に、非磁性かつ絶縁性の膜を所望のパターンに成膜し、第 1 の絶縁膜を形成する工程、

前記第 1 の絶縁膜の上に所望のパターンの導電体の膜を成膜し、導体線を形成する工程、

前記導体線の上に、非磁性かつ絶縁性の膜の第 2 の絶縁膜を形成する工程、

前記第 1 の絶縁膜と第 2 の絶縁膜の上に軟磁性膜を所望のパターンに成膜し、第 2 の磁性コアを形成する工程、及び

前記第 1 の磁性コアの面の端部領域に軟磁性膜を形成して、前記第 1 磁性コアの端部を厚くする工程

を有する磁気検出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気により検出導体のインピーダンスが変化する、磁気インピーダンス効果を利用した磁気検出素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】

微弱な磁気あるいは磁界を検出する磁気検出素子（磁気センサ）としては、従来から磁気抵抗効果型磁気センサ（以下、MRセンサ）が知られている。MRセンサでは、磁界の強さに応じてMRセンサの検出導体の抵抗値が変化する磁気抵抗効果を利用して磁界を検出する。磁気抵抗効果による検出導体の抵抗の変化は、磁界の方向を逆にした反転磁界の場合でも元の方向の磁界の場合と同じである

ので、磁界の極性（N又はS）が検出できない。MRセンサにより磁界の極性を検出するためには、MRセンサにバイアス磁界を与えて、磁界による抵抗の変化が磁界の極性により異なるようにする。バイアス磁界を与えるためには、MRセンサの磁極の近傍に導体を設けてその導体に直流バイアス電流を流す方式や、永久磁石を磁極の両端に配置する方式などがある。MRセンサは外部磁界による導体の直流抵抗の変化により磁界を検出するので、直流抵抗の変化が磁極の磁気材料により大きく影響を受けるが、磁界の検出感度は0.1%～3%/Oe程度でありあまり高いとはいえない。

【0003】

MRセンサより高い検出感度を有する磁気検出素子（磁気センサ）として、磁気インピーダンス効果を利用するものがある。この種の磁気センサでは、軟磁性体の透磁率が磁気により変化し、透磁率の変化により磁気回路内の導体のインピーダンスが変化する現象に基づいて磁界を検出する。この種の磁気センサの典型的なものの感度は6%/Oe以上である。

以下に、磁気インピーダンス効果を利用する磁気センサの従来例について説明する。

【0004】

第1の従来例の磁気センサを図18の断面図に示す。図18を含むすべての図において、図を見やすくするため、断面にはハッチングを付していない。図18において、2つの磁性体1及び2を張り合わせて磁極を形成し、磁性体1及び2の間に導体線14をはさんでいる。図18の導体線14を図17に示す直流電源132に接続し、丸印4で示すように紙面に垂直に奥から手前に向かう直流電流を流すと、矢印5及び6で示す磁束が磁性体1及び2に生じ、直流バイアス磁界となる。この状態で、磁気センサを矢印100で示す外部磁界（以下、外部磁界100という）中におくと、磁性体1及び2を、それぞれ矢印7及び8で示す磁束（以下、それぞれ磁束7及び8という）が通る。磁性体1を通る磁束7は直流バイアス磁界の磁束5と同じ方向なので、導体線14の下部を通る磁束の密度は増える。一方磁性体2を通る磁束8は、直流バイアス磁界の磁束6と方向が逆であるので、磁性体2の導体線14の上部を通る磁束の密度は減少する。その結果

、導体線 1 4 の近傍で、磁性体 1 の透磁率は低下し、磁性体 2 の透磁率は上昇する。磁性体 1 及び 2 の透磁率の変化は、外部磁界 1 0 0 の方向が逆になればそれぞれ逆になる。

【 0 0 0 5 】

第 1 の従来例の磁気センサでは、磁性体 1 は平板状である。これに対して、磁性体 2 は導体線 1 4 の上部において、山状に盛り上がっているので磁束が通りにくく、外部磁界 1 0 0 による磁束 8 の一部が磁性体 1 に移行する。そのため、磁束 7 の密度は磁束 8 の密度よりも若干大きくなる。その結果、外部磁界 1 0 0 の方向が矢印の方向の場合と、その逆の場合とでは、導体線 1 4 の近傍における磁性体 1 と 2 の磁束密度の比が異なり、合計の磁束密度が異なることになる。すなわち、外部磁界 1 0 0 の方向によって磁性体 1 及び 2 の、導体線 1 4 近傍における磁束密度が変化する。この磁束密度の変化により、導体線 1 4 のインピーダンスが変化する。導体線 1 4 に図 1 7 に示す高周波発振器 1 3 1 を接続して高周波電流を流すとインピーダンス変化に応じて、導体線 1 4 の両子 1 3 7、1 3 8 間の電圧が変化し、この電圧変化から外部磁界の強さと方向を検出することができる。

【 0 0 0 6 】

第 2 の従来例の磁気センサの断面図を図 1 9 に示す。図において、非磁性体の基板 9 の上に、前記図 1 8 に示す第 1 の従来例と同様の磁性体 1 及び 2 と導体線 1 4 が設けられている。磁性体 2 を保護するために、保護膜 2 A を設けている。この構成の磁気センサを直流電流が流れるコイル 7 の中に挿入して直流バイアス磁界を与える。

図 2 0 は第 3 の従来例の磁気センサの断面図である。図において、基板 9、磁性体 1 及び 2、導体線 1 4 及び保護膜 2 A を有する磁気センサの構成は図 1 9 のものと同じである。第 3 の従来例では、永久磁石 1 8 によって直流バイアス磁界を与えている。

【 0 0 0 7 】

図 1 9 及び、図 2 0 に示す磁気センサでは、直流バイアス磁界の磁束が磁性体 1 及び 2 を同じ方向に通る。図 1 9 の磁気センサを外部磁界 1 0 0 の中におくと

、磁性体 1 及び 2 内の、直流バイアス磁界による磁束 5 及び 6 の方向が、外部磁界 1 0 0 による磁束 7 及び 8 の方向と逆であるので、磁束 5 及び 6 の密度は減少する。その結果、磁性体 1 及び 2 の透磁率は増加し、導体線 1 4 のインピーダンスも増加する。逆に、この磁気センサを矢印とは逆の方向の外部磁界 1 0 0 中におくと、外部磁界による磁束が図の矢印 7 及び 8 とは逆の方向になり、直流バイアスによる磁束 5 及び 6 と同じ方向になる。その結果、磁束 5 及び 6 の密度は増加するので、磁性体 1 及び 2 の透磁率は減少し、導体線 1 4 のインピーダンスも減少する。外部磁界 1 0 0 の方向による、磁束 5 及び 6 の密度の増減により、前記第 1 の従来例と同様にして外部磁界 1 0 0 の強さと方向を判別することができる。図 2 0 に示す磁気センサにおける、外部磁界 1 0 0 の方向判別の原理も図 1 9 のものと同じである。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

図 1 8 に示す第 1 の従来例の磁気センサでは、外部磁界 1 0 0 の方向が矢印の方向の場合と、その逆の方向の場合とでの磁束密度の変化が小さく、導体線 1 4 のインピーダンス変化も小さい。従って外部磁界 1 0 0 の方向の検出感度が低い。また外部磁界の強さの検出感度も低い。

図 1 9 に示す第 2 の従来例の磁気センサでは、検出感度は高いものの、直流バイアス磁界を作るコイル 7 が大きくかつその消費電力も大きい。そのため小型かつ低消費電力の磁気センサを実現することはできない。

図 2 0 に示す第 3 の従来例の磁気センサは、永久磁石を用いるため、バイアス磁界の強さの調整が容易ではない。また永久磁石を取り付けるため重量が増えるとともに、永久磁石の取付スペースも必要なので、磁気センサを小型軽量にすることができない。

本発明は、外部磁界の強さと方向を高感度で検出できる小型軽量の磁気検出素子を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明の磁気検出素子は、軟磁性膜の第 1 の磁性コア、前記第 1 の磁性コアの

上の一部分に形成された導体線、及び前記第 1 の磁性コア及び導体線の上に前記導体線を挟んで形成された、厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 2 の磁性コアを有する。

本発明によれば、第 2 の磁性コアの膜厚が異なる部分において透磁率が低下する。このため、第 2 の磁性コアに流入する磁束は、透磁率の高い第 1 の磁性コアの方へ移行し、第 1 の磁性コアの磁束密度が高くなる。導体の周りにおいて、片方の磁性コアにより多くの磁束が流入して導体線の上下の磁束密度が不均一になるため導体線に高周波キャリア電流と直流バイアス電流を通電したとき外部磁界により導体線のインピーダンスが変化し、このインピーダンス変化から磁界の強さと方向を検出できる。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の観点の磁気検出素子は、厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 1 の磁性コア、前記第 1 の磁性コアの上の一部分に形成された導体線、及び 前記第 1 の磁性コア及び導体線の上に前記導体線を挟んで形成された、前記導体線の縁部近傍の厚さが薄くなされた軟磁性膜の第 2 の磁性コアを有する。

本発明の他の観点の磁気検出素子は、軟磁性膜の第 1 の磁性コアの一方の面の所定領域に形成した第 1 の導体線、前記第 1 の磁性コアの他方の面の、前記第 1 の導体線に対向する領域に形成した第 2 の導体線、前記第 1 の磁性コアの前記一方の面と第 1 の導体線の上に形成した第 2 の磁性コア、及び前記第 1 の磁性コアの前記他方の面と前記第 2 の導体線の上に形成した第 3 の磁性コアを有する。

本発明の磁気検出器は、厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 1 の磁性コア、前記第 1 の磁性コアの上の一部分に形成された導体線、前記第 1 の磁性コア及び導体線の上に前記導体線を挟んで形成された、厚さが部分的に異なる軟磁性膜の第 2 の磁性コア、前記第 1 及び第 2 の磁性コアに、被検出磁界の方向に平行な方向のバイアス磁界を与える磁気バイアス手段、及び前記導体線に、前記被検出磁界に直交する方向に交流電流を流す交流キャリア信号発生手段を有する。

【 0 0 1 1 】

本発明の他の観点の磁気検出器は、軟磁性膜の第 1 の磁性コアの一方の面の所定領域に形成した第 1 の導体線、前記第 1 の磁性コアの他方の面の、前記第 1 の

導体線に対向する領域に形成した第2の導体線、前記第1の磁性コアの前記一方の面と第1の導体線の上に形成した軟磁性膜の第2の磁性コア、及び前記第1の磁性コアの前記他方の面と前記第2の導体線の上に形成した軟磁性膜の第3の磁性コア、前記第1、第2及び第3の磁性コアに被検出磁界の方向に平行な方向のバイアス磁界を与える磁気バイアス手段、及び前記第1及び第2の導体線に前記被検出磁界に直交する方向に交流電流を流す交流キャリア信号発生手段を有する。

本発明の他の観点の磁気検出素子は、非磁性体の基板上に形成された、略長方形の軟磁性体の膜の第1の磁性コア、前記第1の軟磁性コアの上に、前記長方形の第1の軟磁性コアの長手方向に直交する方向に所定の間隔をもって形成された複数の第1の導体線、前記第1の導体線をはさんで、前記第1の磁性コアの上に形成された第2の磁性コア、及び前記複数の第1の導体線を直列に接続した複数の第2の導体線を有する。

【0012】

本発明の他の観点磁気検出素子は、非磁性基板上に並行して形成された、略長方形の複数の第1の磁性コア、前記複数の第1の磁性コアの上に、所定の間隔をもって、前記複数の第1の磁性コアの長手方向に垂直な方向に形成された複数の第1の導体線、前記複数の第1の磁性コアの上に、前記第1の導体線をはさんで、それぞれ形成された第2の磁性コア、及び前記複数の第1の導体線を直列に接続する第2の導体線を有する。

本発明の磁気検出素子の製造方法は、非磁性体の基板に軟磁性体の膜を所望のパターンに成膜し、第1の磁性コアを形成する工程、前記第1の磁性コアの所定領域に所望のパターンの導電体の膜を成膜し、導体線を形成する工程、前記第1の磁性コアと導体線の上に軟磁性膜を所望のパターンに成膜し、第2の磁性コアを形成する工程、及び前記第2の磁性コアの所定部分の厚さを薄くする工程を有する。

本発明の他の観点の磁気検出素子の製造方法は、非磁性体の基板に軟磁性体の膜を所望のパターンに成膜し第1の磁性コアを形成する工程、前記第1の磁性コアの所定領域に所望のパターンの導電体の膜を成膜し、導体線を形成する工程、

前記第 1 の磁性コアと導体線の上に軟磁性膜を所望のパターンに成膜し、第 2 の磁性コアを形成する工程、及び前記第 2 の磁性コアの所定部分の厚さを薄くする工程を有する。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の磁気検出素子の好適な実施例を図 1 から図 1 7 を参照して詳細に説明する。図 1 から図 1 7 に含まれる断面図において、図を見やすくするために、断面にハッチングを施していない。

《第 1 実施例》

図 1 の (a) は本発明の第 1 実施例の磁気検出素子の平面図、同 (b) は (a) の b-b 断面図である。図 1 の磁気検出素子は、セラミックス等の非磁性体の基板 4 1 の上に、軟磁性の膜による第 1 の磁性コア 1 1 を帯状に形成する。磁性コア 1 1 の中央部分に導体線 1 4 を形成し、磁性コア 1 1 と導体線 1 4 の上に軟磁性の膜による第 2 の磁性コア 1 2 を形成している。すなわち磁性コア 1 1 と磁性コア 1 2 の間に導体線 1 4 が挟み込まれ、導体線 1 4 の両端部 1 3 7、1 3 8 は外部に導出されている。磁性コア 1 2 は導体線 1 4 によって生じる段部 1 2 A を有している。磁性膜 1 2 の段部 1 2 A は他の部分より薄くなされ、厚さ L は他の部分の約 $1/2$ になされている。また段部 1 2 A の厚さ L を減らすために図 1 の (b) に示すように、導体線 1 4 の縁部 1 4 C の磁性コア 1 1 の面に対する角度 θ を 90 度に近づけるのが望ましい。角度 θ を 90 度に近い値にすることは、磁性コア 1 1 の上に導体膜を形成しフォトリソにより導体線 1 4 となる部分を残してエッチングするとき、レジスト膜の材質や厚さ及びエッチング条件等を適正に選定することにより可能である。またよく知られたリフトオフ工法を用いてもよい。段部 1 2 A の厚さ L を減らすために、磁性コア 1 2 を形成するとき、磁性膜の製膜条件を調節して、導体線 1 4 の縁部 1 4 C に形成される磁性膜の厚さを薄くすることも可能である。磁性コア 1 1 及び 1 2 はともに厚さ $1.5 \mu\text{m}$ の FeTaN を用いた軟磁性体膜である。導体線 1 4 は左右の幅が $10 \mu\text{m}$ 、厚さが $1 \mu\text{m}$ の銅の膜である。断面をラッピング処理した後の厚さ L は $0.7 \mu\text{m}$ 、角度 θ は 70 度である。後で説明するが、導体線 1 4 と、磁性コア 1 1 及び 1

2 との間には絶縁層を介在させるのが望ましい。

【0014】

図2の(a)、(b)及び(c)は、本実施例の磁気検出素子の他の構成を示す断面図である。図2では、図1に示す基板41の図示を省略している。

図2の(a)の構成では、導体線14の中央領域において、磁性コア12に紙面に垂直な方向の溝21を形成して磁性コア12の厚さを部分的に薄くする。これによって、図1の(b)に示す、段部12Aの厚さLを薄くした場合と同じ作用・効果が得られる。溝21はエッチング等により一部を除去すればよいので加工工程が簡単である。

図2の(b)の構成では、導体線14の縁部14Cの近傍の磁性コア12に紙面に垂直な方向の溝22を形成して厚さLを小さくしている。図2の(c)の構成では、導体線14の縁部14C近傍の磁性コア12に紙面に垂直な方向の溝23を形成するとともに、導体線14を囲む部分の磁性コア12が、両端部の磁性コア12Dから分離されるように、磁性コア11の面に達する溝24を形成している。前記の溝21、22、23及び24は、イオンシリング加工、ウェットエッチング加工、レーザー加工等によっても形成することができる。

【0015】

本実施例の磁気検出素子の動作を図3を参照して説明する。図3に示す磁気検出素子31は、図2の(b)に示すものである。図3の(a)において、磁気検出素子31を矢印100で示す方向の磁界（以下、外部磁界100という）中におくと、磁気検出素子31の左端から矢印32、33で示す磁束（以下、磁束32、33という）が流入する。磁性コア11と12は、材質が同じで厚さともに $1.5\mu\text{m}$ と同じであるので、磁束32と33の磁束密度及び磁束の量はほぼ等しい。磁束32と33はそれぞれ磁性コア11及び12内を右方に進み、溝22の部分に至る。溝22によって、磁性コア12の厚さが薄くなされているので、磁性コア12の磁束が通過する部分である磁路34及び35は他の部分より狭く磁気飽和しやすい。磁路34、35で磁気飽和をすると透磁率が低下する。そのため、磁性コア12の左端から流入した磁束33は、溝部22の手前で2つに分れ、元の5～15%の磁束33Aが磁路34を経て磁性コア12Eを通る。残

りの大部分の磁束 33B は磁性コア 11 に流入する。その結果磁束 33A の密度は磁束 33 の密度より大幅に減少し、磁性コア 11 を通る磁束 36 の密度は磁束 32 の密度より大幅に増加する。

【0016】

図 3 の (b) 及び (c) は、図 17 に示すように、本実施例の磁気検出素子 31 の導体線 14 の両端 137、138 に高周波発振機 131、直流電源 132 及び高周波増幅器 139 を接続したときの動作を示す断面図であり、このように構成したものを「磁気検出器」という。図 3 の (a) 及び (b) において、図 17 の高周波発振器 131 は導体線 14 に紙面に垂直な方向に交流電流（キャリア電流）を流す。交流電流による磁束を点線 37（以下、磁束 37 という）で示す。磁束 37 は導体線 14 を囲むように形成される。磁束 37 は透磁率の低い磁路 34 及び 35 を通るが、磁性コア 11 及び 12E の透磁率は高いので、導体線 14 のインダクタンスは比較的高い。インダクタンスを高く保つために、磁路 34、35 の長さは比較的に短い方がよい。また図 2 の (a) に示す構成の磁気検出素子は溝 21 が 1 つなので、高周波電流による磁束が通りやすく、導体線 14 のインダクタンスは高い。導体線 14 のインダクタンスは矢印 100 で示す外部磁界により変化する。導体線 14 のインダクタンスの変化により、キャリア電流の振幅が変化するので、振幅の変化を図 17 に示す高周波増幅器 139 で増幅し検波することによって磁界を検出することができる。

【0017】

図 3 の (c) は、導体線 14 に、図 17 に示す直流電源 132 により、紙面に垂直に奥から手前に向かう方向の直流バイアス電流を流した場合の直流バイアス磁束 38 を示す断面図である。磁性コア 12 において、磁路 34 及び 35 は狭いため、直流バイアスの磁束密度は高い。導体線 14 の周囲の磁性コア 11 と 12 を通る磁束 38 により直流バイアス磁界が生じる。直流バイアス磁界が与えられた磁気検出素子 31 を、外部磁界 100 の中におくと、磁性コア 11 及び 12 をそれぞれ磁束 32、33 が通る。図 3 の (a) を用いて説明したように、磁性膜 12 に溝 22 を形成したことにより、導体線 14 の下部の磁性コア 11 を通る磁束 36 の密度は、流入する磁束 32 の密度より大幅に大きくなる。一方導体線 1

4 の上部の磁性コア 1 2 E を通る磁束 3 3 A の密度は、流入する磁束 3 3 の密度より大幅に小さくなる。

【 0 0 1 8 】

理解を容易にするために、仮の数値を挙げて説明する。外部磁界 1 0 0 による磁束 3 2 及び 3 3 のそれぞれの密度を「 a 」とし、直流バイアス磁界の磁束 3 8 の密度を「 $2a$ 」とし、磁束 3 3 A の密度を $0.2a$ とする。図 3 の (c) において、外部磁界 1 0 0 の方向が矢印の方向と同じとき、導体線 1 4 の下の磁性コア 1 1 E を通る磁束の密度は $3.8a (= a + 0.8a + 2a)$ となる。磁性コア 1 2 E を通る磁束の密度は $1.8a (= 2a - 0.2a)$ となる。外部磁界 1 0 0 の方向が矢印の方向と逆の場合は、磁性コア 1 1 E の磁束密度は、 $0.2a (= 2a - a - 0.8a)$ となる。磁性コア 1 2 E の磁束の密度は、 $2.2a (= 2a + 0.2a)$ となる。以上の計算結果から、外部磁界 1 0 0 の方向の反転により、磁性コア 1 2 E の磁束の密度は $1.8a$ から $2.2a$ に増加し、磁性コア 1 1 E の磁束の密度は $3.8a$ から $0.2a$ に減少する。すなわち磁性コア 1 2 E の磁束密度の変化量は $0.4a$ なのに対して、磁性コア 1 1 E の磁束密度の変化量は $3.6a$ である。このように外部磁界 1 0 0 の方向による磁性コア 1 1 E の磁束密度の大幅な変化により、磁性コア 1 1 E の透磁率が大幅に変化する。透磁率の変化に応じて導体線 1 4 のインダクタンスが変化する。磁性コア 1 1 E の磁束密度が増加すると、透磁率が低下しインダクタンスも減少する。なお、通常の使用状態では、直流バイアス磁界の密度は一定にする。導体線 1 4 に、図 1 7 に示す高周波発振器 1 3 1 の高周波電流が流されていると、前記のインダクタンスの変化により、導体線 1 4 のインピーダンスが変化し、両端子 1 3 7、1 3 8 間の高周波電圧が変化する。この高周波電圧の変化を高周波増幅器 1 3 9 で増幅し検波することにより、外部磁界 1 1 0 の方向及び強さを電気信号として検出することができる。外部磁界 1 0 0 の強さの変化は、前記「 a 」の値の変化として検出できる。

【 0 0 1 9 】

本実施例によれば、導体線 1 4 の縁部近傍の磁性コア 1 2 に溝 2 2 を設けるなどして、導体線 1 4 に対向する磁性コア 1 2 E に外部磁界 1 0 0 から流入する磁

束 33 A の密度を減らす。これによって外部磁界 100 の方向の変化による、導体線 14 近傍の磁性コア 11 E の磁束密度の変化が大きくなる。その結果外部磁界 100 の変化による導体線 14 のインダクタンスの変化が大きくなり、磁気検出素子としての検出感度が高くなる。

【0020】

《第2実施例》

図4は本発明の第2実施例の磁気検出素子の斜投影図である。図5の(a)は図4に示す磁気検出素子の V a - V a の断面図である。

図5の(b)及び(c)はそれぞれ本発明の第2実施例の磁気検出素子の他の2つの例の断面図である。

図4及び図5の(a)において、セラミックス等の非磁性基板 41 の上に軟磁性体の第1の磁性コア 44 を形成している。磁性コア 44 の中央領域に厚さ 0.1 μm の SiO_2 膜による第1の絶縁膜 42 を形成し、その上に磁性コア 44 をまたぐように導体線 14 を形成している。導体線 14 の上に厚さ 0.1 μm の SiO_2 膜による第2の絶縁膜 43 を形成し、その上に第2の磁性コア 12 を形成している。基板 41 の両端部の磁性コア 44 の上には、磁性コア 12 から離れた部分に磁性コア 45 を形成している。磁性コア 44 及び 45 の厚さはそれぞれ例えば 1.5 μm である。

【0021】

本実施例の構成では、第2の磁性コア 12 は導体線 14 の上とその周辺部のみに設けられている。また、第2の磁性コア 12 と第1の磁性コア 44 との間に設けられている絶縁膜 42 により、磁性コア 44 と 12 との間にギャップが形成されて、磁性コア 44 を通る磁束が磁性コア 12 に流入しにくくなる。端部領域 T には磁性コア 44 と 45 が重なって磁性コア 11 が形成されているので、基板 41 の端部の磁束流入部 40 における磁性コア 11 の膜厚は 3 μm となる。導体線 14 の近傍の中央領域 46 では膜厚 1.5 μm の磁性コア 44 のみであるので、磁性コア 11 の膜厚 3 μm の端部の磁束流入部 40 から流入した磁束は、膜厚 1.5 μm の磁性コア 44 を通るとき、その磁束密度が約 2 倍になる。この磁束密度の増加により、磁性コア 44 の膜厚が端部領域 T と中央領域 46 で同じである

場合に比べて外部磁界 1 0 0 による磁束の密度変化が約 2 倍に大きくなり、その結果として検出感度が高くなる。

【 0 0 2 2 】

図 5 の (b) の例では、基板 4 1 の上に厚さ $3 \mu\text{m}$ の磁性コア 4 4 を形成した後、磁性コア 4 4 の中央領域 4 6 を除去して厚さ $1.5 \mu\text{m}$ 程度まで薄くする。端部領域 T の磁性コア 4 4 の上には、磁性コア 1 2 から離れた部分に厚さ $1.5 \mu\text{m}$ の磁性コア 4 5 が形成されている。その他の構成は図 5 の (a) に示すものと同じである。この例では、基板 4 1 の端部の磁束流入部 4 0 の膜厚は $4.5 \mu\text{m}$ であり、導体線 4 3 近傍の中央領域 4 6 の磁性コア 4 4 の膜厚は $1.5 \mu\text{m}$ なので、厚さの比は 3 倍になる。その結果、磁性コア 4 4 の中央領域 4 6 における磁束密度は端部領域 T の約 3 倍になり感度も更に高くなる。

【 0 0 2 3 】

図 5 の (a) 及び (b) においては、第 1 の磁性コア 4 4 と第 2 の磁性コア 1 2 との間には絶縁膜 4 2 を設けているが、必ずしも両者間を電氣的に絶縁する必要はない。絶縁膜 4 2 が厚過ぎると導体線 1 4 のインダクタンスが低くなるので好ましくない。磁性コア 4 4 と磁性コア 1 2 の間に絶縁膜 4 2 を設けなくても、外部からの磁束の大部分は磁路の短い磁性コア 4 4 に流入するので、磁性コア 1 2 に流入する磁束は少ない。

【 0 0 2 4 】

図 5 の (c) の例では、図 5 の (b) の磁性コア 1 2 の段部 1 2 A に紙面に垂直な方向の溝 4 7 を形成している。溝 4 7 を形成することによって磁性コア 1 2 の斜面部の膜厚を薄くする。膜厚を薄くすることによって、磁性コア 4 4 を通る磁束が磁性コア 1 2 に流入する割合が大幅に減る。その結果、磁性コア 4 4 と磁性コア 1 2 との間に絶縁膜 4 2 を設けなくても磁性コア 1 2 にはほとんど磁束が流入しない。なお検出感度を出来るだけ高くしたい場合には絶縁膜 4 2 を設けた方がよい。本実施例の磁気検出素子に直流バイアス磁界を与えるときは、導体線 1 4 に直流を流す。

【 0 0 2 5 】

図 6 は図 5 の (a) に示す第 2 実施例の磁気検出素子の製造方法を示す断面図

である。

図 6 の (a) から (f) は製造の各工程における形状を示す断面図である。図 6 の (a) において非磁性セラミックスの基板 4 1 の上に厚み $1.5 \mu\text{m}$ の軟磁性体膜をスパッタリングで成膜し、イオンミリング処理により所望の形状の第 1 の磁性コア 4 4 を形成する。

図 6 の (b) において、磁性コア 4 4 の中央領域に厚み $0.1 \mu\text{m}$ の SiO_2 膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして第 1 の絶縁膜 4 2 を形成する。

図 6 の (c) において、絶縁膜 4 2 の中央領域に Cu 膜を $1.0 \mu\text{m}$ の厚みでスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして導体線 1 4 を形成する。

【0026】

図 6 の (d) において、導体線 1 4 の上に SiO_2 膜を $0.1 \mu\text{m}$ の厚みでスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして第 2 の絶縁膜 4 3 を形成する。

図 6 の (e) において、絶縁膜 4 2 及び 4 3 の上、及び磁性コア 4 4 の端部領域に軟磁性体膜を $1.5 \mu\text{m}$ の厚みでスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により第 2 の磁性コア 1 2 と第 1 の磁性コア 4 5 を形成する。

図 6 の (f) において、磁性コア 1 2 及び 4 5 を含む基板 4 1 の全面に平均 $3 \mu\text{m}$ の SiO_2 膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして保護膜 5 1 を形成するとともに図示を省略した端子等を設けて成膜工程を終了する。次に所望の形状に切断加工し、本実施例の磁気検出素子が得られる。

【0027】

基板 4 1 には、ニッケル、チタン、マグネシウムを含む非磁性セラミックを用いる。軟磁性体膜には、鉄、タンタル、窒素を含む合金の複数の層に SiO_2 膜を層間絶縁膜として用いて積層したものをを用いる。

図 7 の (a) から (g) は、図 5 の (b) に示す磁気検出素子の製造の各工程における形状の断面図である。

【0028】

図7の(a)において、セラミックスの基板41の上にスパッタリングにより厚さ $3.0\mu\text{m}$ の軟磁性体膜を形成し、イオンミリング処理により所望の形状の第1の磁性コア44を形成する。

図7の(b)において、磁性コア44の中央部の領域を、次の工程で形成される SiO_2 膜の領域よりやや広い範囲にわたってイオンミリング処理により除去し、深さ $1.5\mu\text{m}$ の凹部を形成する。

図7の(c)において、前記凹部に厚さ $0.1\mu\text{m}$ の SiO_2 膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして第1の絶縁膜42を形成する。

【0029】

図7の(d)において、絶縁膜42の中央領域に厚さ $1.0\mu\text{m}$ のCu膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして導体線14を形成する。

図7の(e)において、導体線14を覆う厚さ $0.1\mu\text{m}$ の SiO_2 膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして第2の絶縁膜43を形成する。

図7の(f)において、絶縁膜42及び43、及び磁性コア44の端部領域に厚さ $1.5\mu\text{m}$ の軟磁性体膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして第2の磁性コア12と第1の磁性コア45を形成する。

図7の(g)において、磁性コア12及び45を含む全面に厚さ $3\mu\text{m}$ の SiO_2 膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により所望の形状にして保護膜51を形成する。

【0030】

最後に不要部分(図示省略)を切断して磁気検出素子が完成する。

基板41に用いるセラミックは、ニッケル、チタン、マグネシウムを含む非磁性材料である。軟磁性体膜には鉄、タンタル、窒素を含む合金の複数の層に SiO_2 膜を層間絶縁膜として用いて積層したものをを用いた。

なお図7の(a)の工程の後に、軟磁性体膜をスパッタリングにより成膜し、イオンミリング処理により磁性コア45を形成してもよい。

【0031】

《第3実施例》

本発明の第3実施例の磁気検出素子を図8の(a)及び(c)の断面図で示す。図8の(b)は比較説明に用いる図である。図8の(a)、(b)及び(c)では図7に図示している基板41の図示を省略している。図8の(a)及び(c)に示す本実施例の磁気検出素子は、前記第1実施例の図1の(b)に示すものと実質的に同様であり、軟磁性体の膜による第1及び第2の磁性コア11及び12、磁性コア11及び12の中央部分に挟まれた導体膜による導体線14又は34を有している。本実施例が第1実施例と異なる点は、導体線14又は34の膜厚が第2の磁性コア12の膜厚より厚いことである。

図8の(a)において、導体線14の膜厚を磁性コア12の膜厚より厚くすることにより、導体線14の縁部の点14Aと14Bを結ぶ点線で示す経路71において、磁性コア12を通る磁路12Aの長さが、磁性コア11を通る磁路11Aの長さより長くなる。これを第1の特徴という。また導体線14を厚くすることにより、スパッタリングで成膜するとき磁性コア12の、導体線14の斜面部14Cにおける厚さが他の部分より薄くなる。これを第2の特徴という。上記第1及び第2の特徴によって、外部磁界100から磁性コア12に流入した磁束33の一部は、点14Aの近傍で、経路が短いため透磁率が高い磁性コア11へ移る。すなわち磁力線はより近い経路を通るという性質を利用する。磁性コア12から磁性コア11に移った磁束は、磁性コア11に流入した磁束32と合流し、磁路11Aを通る。その結果磁路11Aの磁束密度は磁路12Aの磁束密度より高くなり、前記第1及び第2実施例におけると同様の作用で外部磁界の検出感度が高くなる。

【0032】

図8の(b)は前記第1実施例と同様の、導体線24の厚さが $1\mu\text{m}$ (幅は $10\mu\text{m}$)で、磁性コア11、12の厚さ $1.5\mu\text{m}$ より薄いものの例である。この例では、点24A、24B間の点線で示す経路73において、磁性コア11を

通る磁路と磁性コア 1 2 を通る磁路の差はあまり大きくない。

図 8 の (c) は、導体線 3 4 の厚さが $2\ \mu\text{m}$ 、幅が $5\ \mu\text{m}$ 、磁性コア 1 1、1 2 の厚さが $1.5\ \mu\text{m}$ のものの例である。導体線 2 4 と 3 4 の断面積は同じであるので単位長当たりの直流抵抗は同じである。図 8 の (c) の例では、導体線 3 4 の厚さを更に磁性コア 1 2 の厚さより厚くし、左右の幅を短くしているので、点 3 4 A と 3 4 B との間において、磁性コア 1 2 を通る磁路 1 2 c と磁性コア 1 1 を通る磁路 1 1 c との長さの差が大きくなる。その結果、磁路 1 1 c の磁束密度は磁路 1 2 c より大幅に大きくなる。外部磁界による導体線 3 4 のインピーダンス変化は、導体線 1 4 のインピーダンス変化よりも大きくなり、さらに高い検出感度を得られる。

導体線 2 4 及び 3 4 のそれぞれのインダクタンスは、導体線 2 4 又は 3 4 の周囲を回る全磁路の長さに反比例する。図 8 の (b) のものと同 (c) のものとの全磁路を比較すると、(c) の全磁路の方が短いので、導体線 3 4 のインダクタンスは導体線 2 4 のより大きい。導体線に高周波電流を流したときの外部磁界による導体線のインピーダンスの変化は導体線のインダクタンスが大きい程大きくなるので、この点からも磁気検出の感度が高くなる。

【0033】

図 9 は長方形の断面で一定の断面積を有する導体線の周長（縦軸）と断面の縦横の比 a/b （横軸）との関係を示すグラフである。導体線の周長を出来るだけ短くするためには、比 a/b を 4 程度にするのが望ましい。周長は a/b が 1 のとき（正方形）最小になるが、この場合は膜厚が厚くなるため成膜やエッチング工程に時間を要し製造コストが高くなる。以上の点から導体線 1 4、3 4 の膜厚（a）が幅（b）の 4 分の 1 以上であるのが望ましい。なお本実施例の磁気検出器においても、直流磁気バイアスを印加する場合は導体線に直流電流を流すのが好ましい。

【0034】

《第 4 実施例》

図 10 の (a) から (e) は本発明の第 4 実施例の磁気検出素子の 5 つの例の断面図である。図 10 の (a) は本実施例の第 1 の例の磁気検出素子の断面図で

ある。図において、第1の磁性コア81の中央部の両面にそれぞれ導体線84及び85が設けられている。導体線84と磁性コア81の上面に第2の磁性コア82が形成され、導体線85と磁性コア81の下面に第3の磁性コア83が形成されている。磁性コア81、82、83はともに同じ材質であり、同じ厚さになされている。本実施例の磁気検出素子は、前記第1及び第2実施例のもののような基板41は有していない。磁性コア81、82、83及び導体線84、85は、基板41を必要としない比較的厚い膜やフィルムなどで形成されている。図10の(b)の磁気検出素子では、導体線84A、85Aの断面の縦横の比が約1対2になされている。その他の構成は、図10の(a)のものと同じである。

【0035】

図10の(c)の磁気検出素子は、第2及び第3の磁性コア82A及び83Aの、導体線84、85の縁部近傍に、溝22を形成している。導体線84、85は図10の(a)のものと同じである。

図10の(d)の磁気検出素子は、第2及び第3の磁性コア82B、83Bの中央部に凹部21を形成している。導体線84、85は前記図10の(a)のものと同じである。

図10の(e)の磁気検出素子は、磁性コア81の両端部の両面に磁性コア82Cと83Cを設けている。磁性コア81の中央部の両面に導体線84、85が設けられている。導体線84を覆うように、前記磁性コア82Cとの間に隙間を保ちつつ磁性コア82Dが形成されている。また導体線85を覆うように、磁性コア83Cとの間に隙間を保ちつつ磁性コア83Dが設けられている。

【0036】

本実施例の磁気検出素子の動作を、図10の(c)のものを例にして、図11を参照して説明する。図11の(a)において、本実施例の磁気検出素子を外部磁界100中に置いたとき、矢印91、92、93で示す、ほぼ同じ密度の磁束(以下、磁束91、92、93という)がそれぞれ磁性コア81、82、83を通る。磁束92、93は溝22の部分で大部分が磁性コア81に流入する。そのため導体線84に接する磁性コア82の部分及び導電線85に接する磁性コア83の部分を通る磁束の密度は減少する。逆に、磁性コア81の導電線84、85

に挟まれた部分を通る磁束の密度は増加する。導体線 84、85 の部分から右側の磁性コア 81、82、83 では磁束 91、92、93 は互いに同じ密度にもどる。

【0037】

本実施例では導体線 84 と 85 を直列に接続し図 17 に示す端子 137、138 間に接続して高周波発振器 131 から紙面に垂直な方向に高周波電流を流す。図 11 の (b) において点線 97、98 で示す長円は、高周波電流により導体線 84 と 85 の周囲にできる交流磁界を表している。図 11 の (c) は、導体線 84、85 に紙面に垂直な方向に直流電流を流して直流バイアス磁界を発生させたときの磁束を矢印で示している。

本実施例では、磁性コア 82 及び 83 の磁束が磁性コア 81 に流入するので、磁性コア 81 の磁束密度は、前記の図 3 の磁気検出素子の磁性コア 11 よりも大幅に増加する。その結果、直列に接続された導体線 84、85 のインダクタンスの外部磁界による変化よりも大きくなり、磁気検出も感度が更に高くなる。

【0038】

《第 5 実施例》

図 12 の (a) は本発明の第 5 実施例の磁気検出素子 105 の平面図である。図 12 の (b) は、同 (a) の磁気検出素子 105 の構造を理解しやすくするための模型の斜視図である。図 12 の (b) に示すように、導体線 122a から 122e 及び 123a から 123d よりなるらせん状の導体の、導体線 122a ～ 122e の部分が磁性コア 111 と 112 により挟まれている。

図 12 の (a) において、磁気検出素子 105 は、非磁性体の基板 41 の上に、それぞれ薄膜で形成された、磁性コア 111 及び 112、磁性コア 111 と磁性コア 112 との間に設けられた導体線 122a ～ 122e を有する。導体線 122a ～ 122e は導体線 123a ～ 123d により直列に接続され、検出部 106 が形成されている。検出部 106 の、導体線 122a の端部は端子 115 に接続され、導体線 122e の端部は端子 116 に接続されている。導体線 122a ～ 122e、123a ～ 123d 及び端子 115、116 はともに銅等の薄膜により形成されており、磁性コア 111、112 は軟磁性体の薄膜により形成さ

れている。

【0039】

検出部106の一点鎖線107で囲んだ部分（以下、検出ユニット107という）は、磁性コア111、112及び導体線122aにより構成され、図1に示す第1実施例の磁気検出素子と実質的に同じである。図12の（a）の磁性コア111、112及び導体線122aから122eは、それぞれ図1の（b）の磁性コア11、12及び導体線14に対応している。図12の（a）の最上部の検出ユニット107において、磁性コア111、112を貫通する直線状の導体線122aは、一端が端子115に接続され、他端は、磁性コア112の上面を通る略Z字形の導体線123aによってその下の直線状の導体線122bに接続されている。同様にして、導体線122bと122cは導体線123bによって接続され、導体線122cと122dは導体線123cによって接続されている。導体線122dと122eは導体線123dによって接続され、導体線122cの端部は端子116に接続されている。図12の（a）の構成を模型で示すと図12の（b）の斜視図のようになる。

【0040】

本実施例によれば、図1に示す磁気検出素子に相当する検出ユニット107が複数個（図12では5つ）直列に連結され、5つの導体線122a～122eが直列に接続されている。従って、導体線122aから122eに高周波電流を流したとき、外部磁界100によって生じる導体線122aから122eのインピーダンス変化、すなわち端子115と116間のインピーダンス変化が図1の（b）のものの約5倍になる。そのため磁界の検出感度も約5倍になる。直列に連結する検出ユニット107の数は5つに限定されるものではなく、任意の数にすることができる。導体線122aから122eに直流電流を流すとき電流の方向が導体線122aから122eですべて同じである。従って各導体線122aから122eの近傍には同じ方向の直流バイアス磁界ができる。端子115から端子116までの直流抵抗を減らすために、導体線123a～123dの断面積を、導体線122a～122eの断面積より大きくするのが望ましい。

【0041】

《第 6 実施例》

図 1 3 は、本発明の第 6 実施例の磁気検出素子の平面図である。図において、基板 4 1 上に図 1 2 の (a) の検出部 1 0 6 を 4 つ設け、検出部 1 0 6 をすべて接続導体線 1 8 1 で直列に接続している。左端の検出部 1 0 6 の導体線 1 2 2 a は端子 1 1 5 に接続され、右端の検出部 1 0 6 の導体線 1 2 2 e は端子 1 1 6 に接続されている。

本実施例では、前記第 5 実施例の検出部 1 0 6 が 4 つ直列に接続されているので、外部磁界 1 0 0 による端子 1 1 5 と 1 1 6 間のインピーダンス変化は第 5 実施例のものに比べて約 4 倍になる。従って磁界の検出感度も約 4 倍になる。

【 0 0 4 2 】

《第 7 実施例》

図 1 4 は本発明の第 7 実施例の磁気検出素子の平面図である。図において、一点鎖線 1 0 7 で囲んだ部分は図 1 2 に示すものと同じ構成の検出ユニット 1 0 7 である。検出部 1 0 6 A は 5 つの検出ユニット 1 0 7 が縦に連結されて構成されている。基板 4 1 上に 9 つの検出部 1 0 6 A が並列に設けられている。9 つの検出部 1 0 6 A の、図において最も上の横列の 9 つの検出ユニット 1 0 7 の導体線 1 2 2 a は連結されている。上から 2 番目の横列の 9 つの検出ユニット 1 0 7 は導体線 1 2 2 b によって連結されている。同様にして、上から 3 番目の列の検出ユニット 1 0 7 は導体線 1 2 2 c で連結され、上から 4 番目の列の検出ユニット 1 0 7 は導体線 1 2 2 d で連結されている。最下列の検出ユニット 1 0 7 は導体線 1 2 2 e で連結されている。導体線 1 2 2 a の左端は基板 4 1 上の端子 1 1 5 に接続され、導体線 1 2 2 a の右端は導体線 1 2 2 b の左端に接続されている。同様にして導体線 1 2 2 b の右端は導体線 1 2 2 c の左端に接続され、導体線 1 2 2 c の右端は導体線 1 2 2 d の左端に接続されている。導体線 1 2 2 d の右端は導体線 1 2 2 e の左端に接続され、導体線 1 2 2 e の右端は端子 1 1 6 に接続されている。本実施例では縦 5 つ横 9 つ、合計 4 5 の検出ユニット 1 0 7 の導体線 1 2 2 a から 1 2 2 e がすべて直列に接続されている。従って磁界 1 0 0 による端子 1 1 5 と 1 1 6 間のインピーダンス変化は、1 つの検出ユニット 1 0 7 の場合の約 4 5 倍になる。これにより磁界の検出感度も約 4 5 倍になる。本実施例

の構成では、隣り合う検出部106A間の間隔を図13のものに比べて狭くすることができるので、基板41上の検出ユニット107の密度が高くなる。従って高感度の磁気検出素子を小型の基板41を用いて作ることが可能となる。

【0043】

《第8実施例》

図15は本発明の第8実施例の磁気検出素子の平面図である。図15における検出ユニット107Aは、第1の磁性コア11が2つの磁性コア44、45で構成されている、図4に示す磁気検出素子に実質的に等しい。その他の構成は図14のものと同一である。検出ユニット107Aの検出感度は図14の検出ユニット107の検出感度よりも高いので、本実施例の磁気検出素子は、前記の図14の磁気検出素子よりも高い感度を有する。

【0044】

《第9実施例》

図16は本発明の第9実施例の磁気検出素子の平面図である。図16において、検出ユニット107は図14における検出ユニット107と同じである。図16においては、左右の両端の検出部106Cの縦の長さを、それより内側の検出部106Dの縦の長さより短くし、さらに検出部106Dの長さを中央部の検出部106Eの長さより短くしている。この構成によって得られる作用効果を以下に詳しく説明する。

例えば、図14に示す磁気検出素子を、矢印100で示す方向の均一な強さの磁界中に置くと、両端部の検出部106Fを通る磁力線の数と中央部の検出部106Gを通る磁力線の数より多くなることを発明者等は発見した。すなわち9つの検出部106Aを通る磁力線の磁束密度が不均一になる。そのため導体線122aから122eにおいて、中央部の検出部106Gにある部分と、端部の検出部106Fにある部分とで、磁界によるインピーダンスの変化量が異なる。この影響により、磁気検出素子を不均一な磁界においたとき、磁気検出素子の位置により検出値が変化し、正しい測定値が得られないことがある。

【0045】

一般に均一な磁界中に磁性体を置いたとき、磁界の方向に沿う長さが長い磁性

体の磁束密度は、短い磁性体の磁束密度より高くなることが知られている。この現象は磁界の方向に沿う方向において磁性体に生じる反磁性の作用によるものである。

本実施例では、図 1 6 に示すように、検出部 1 0 6 D の長さを中央部の検出部 1 0 6 E より短くし、両端の検出部 1 0 6 C の長さを検出部 1 0 6 D より更に短くすることにより、均一な磁界 1 0 0 において、検出部 1 0 6 C、1 0 6 D 及び 1 0 6 E の磁束密度が等しくなるようにする。これによって、前記図 1 4 に示す磁気検出素子の有する問題点が解決された磁気検出素子が得られる。

【 0 0 4 6 】

前記の各実施例では、軟磁性体膜として F e T a N を用いたが、実効透磁率の優れた F e 系、C o 系金属磁性体膜、酸化物磁性体膜等磁性体であれば使用可能である。導電性金属膜としては銅を用いたが、比抵抗の小さな A u、A g などの金属膜でもよい。また、ギャップ材として S i O₂ を用いたが、アルミナ、ガラスなどの無機質の誘電体膜でもよい。また、基板は N i T i M g のセラミック基板を用いたが、A l T i C など他のセラミック、ガラス系材料、カーボン基板を用いてもよい。非磁性体部の材料として S i O₂ を用いたが他の非磁性体でもよい。保護膜としては S i O₂ を用いたが、アルミナ等の他の誘電体、樹脂等を用いてもよい。

製造方法において、エッチング方法として主としてイオンミリング処理を用いたが、ウェットエッチング等、他のエッチング方法を用いてもよい。成膜方法も主としてスパッタリングにより行ったが、蒸着、メッキ等の方法を用いてもよい。

【 0 0 4 7 】

【発明の効果】

以上の各実施例の詳細な説明から明らかなように、本発明によれば磁気インピーダンス効果を利用した磁気検出素子において、導体周りの磁性コアの一部の膜厚を薄くし、または導体線の膜厚を厚くすることで、導体線周りの片方の磁性コアにより多くの磁束を流入させ、検出感度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a) は本発明の第 1 実施例の磁気検出素子の平面図

(b) は (a) の b - b 断面図

【図 2】

(a) から (c) は本発明の第 1 実施例の磁気検出素子の他の例を示すそれぞれの断面図

【図 3】

(a) から (c) は本発明の第 1 実施例の磁気検出素子の動作を示す断面図

【図 4】

本発明の第 2 実施例の磁気検出素子の斜投影図

【図 5】

(a) から (c) は本発明の第 2 実施例の磁気検出素子の 3 つの例の断面図

【図 6】

(a) から (f) は、本発明の第 2 実施例の磁気検出素子の各製造工程における断面図

【図 7】

(a) から (g) は、本発明の第 2 実施例の他例の磁気検出素子の各製造工程における断面図、

【図 8】

(a) から (c) は、本発明の第 3 実施例の磁気検出素子の 3 つの例のそれぞれの断面図

【図 9】

本発明の各実施例における導体線断面の縦横比と周長の関係を表すグラフ

【図 10】

(a) から (e) は、本発明の第 4 実施例の磁気検出素子の 5 つの例のそれぞれの断面図

【図 11】

(a) から (c) は、本発明の第 4 実施例の磁気検出素子の動作を示す断面図

【図 12】

(a) は本発明の第 5 実施例の磁気検出素子の上面図

(b) は本発明の第 5 実施例の磁気検出素子の模型の斜視図

【図 1 3】

本発明の第 6 実施例の磁気検出素子の上面図

【図 1 4】

本発明の第 7 実施例の磁気検出素子の上面図

【図 1 5】

本発明の第 8 実施例の磁気検出素子の平面図

【図 1 6】

本発明の第 9 実施例の磁気検出素子の平面図

【図 1 7】

本発明の各実施例の磁気検出素子の導体線に接続して磁気検出器を構成する磁気検出器の回路図

【図 1 8】

第 1 の従来例の磁気検出素子の断面図

【図 1 9】

第 2 の従来例の磁気検出素子の断面図

【図 2 0】

第 3 の従来例の磁気検出素子の断面図

【符号の説明】

- 1 1 第 1 の磁性コア
- 1 2 第 2 の磁性コア
- 1 4 導体線
- 1 5、1 7 磁性コアの厚み
- 1 6、1 8 導体線断面角度
- 2 1 磁性コアの厚みの薄い部分
- 2 2 磁性コアの厚みの薄い部分
- 3 1 磁気検出素子
- 3 2、3 3 入力外部磁束

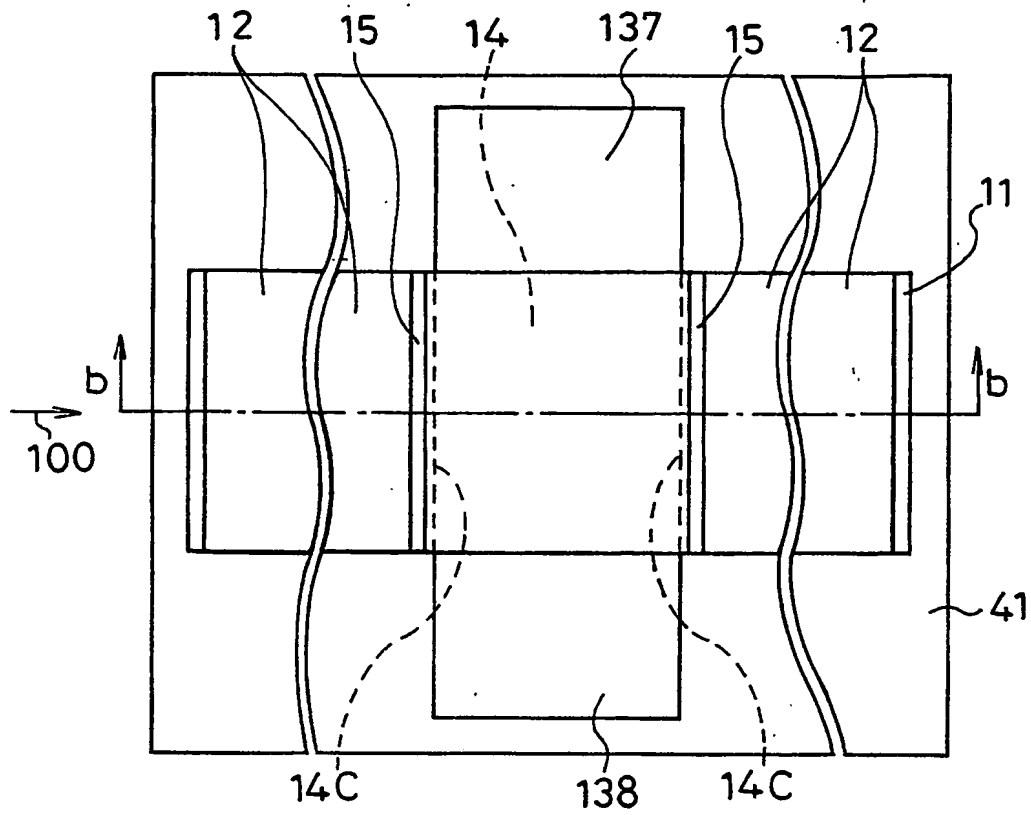
- 3 4、3 5 流入磁束
- 3 6 バイアス磁束
- 3 7 キャリア磁束
- 4 1 基板
- 4 2 第 1 の絶縁膜
- 4 3 第 2 の絶縁膜
- 4 4 第 1 の磁性コアの一部
- 4 5 第 1 の磁性コアの磁束流入部分
- 4 6 第 1 の磁性コアの膜厚の薄い部分
- 4 7 磁性コアの厚みの薄い部分
- 5 1 保護膜
- 7 1 磁性コアの厚み
- 7 2、7 3、7 4 キャリア磁束
- 8 1 第 1 の磁性コア
- 8 2 第 2 の磁性コア
- 8 3 第 3 の磁性コア
- 8 4 第 1 の導体線
- 8 5 第 2 の導体線
- 8 6 磁気検出素子
- 9 1 磁気検出素子
- 9 2、9 3、9 4 入力外部磁束
- 1 0 1 磁性コア
- 1 1 1 高周波発振器
- 1 1 2 抵抗
- 1 1 3、1 1 4、1 1 7、1 1 8 電極端子
- 1 1 5、1 1 6 電極
- 1 1 9 高周波増幅器
- 1 2 0 直流電源
- 1 2 1 磁気検出素子の 1 部

- 1 2 2 磁性コアに挟み込まれる導体線
- 1 2 3 磁性コアの外部に配置される導体線
- 1 2 4 磁気検出素子

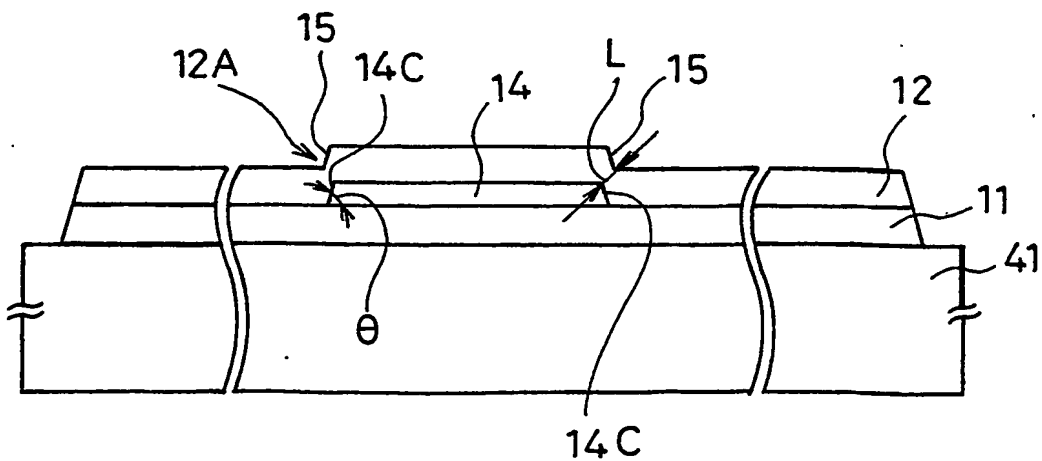
【書類名】 図面

【図1】

(a)

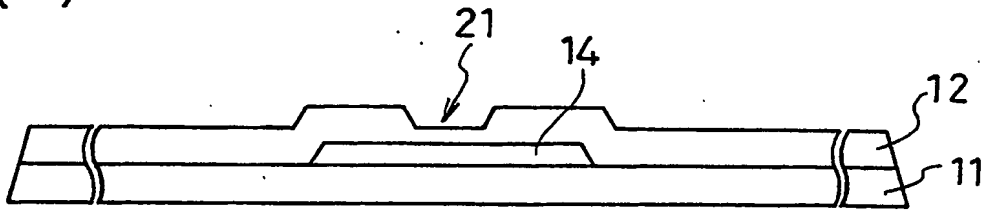


(b)

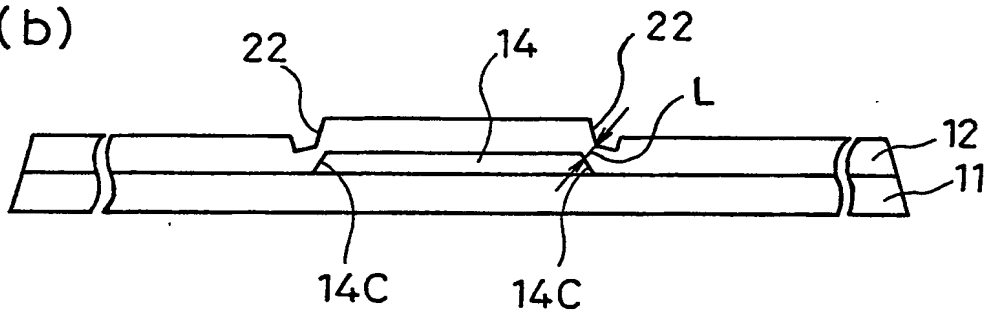


【図2】

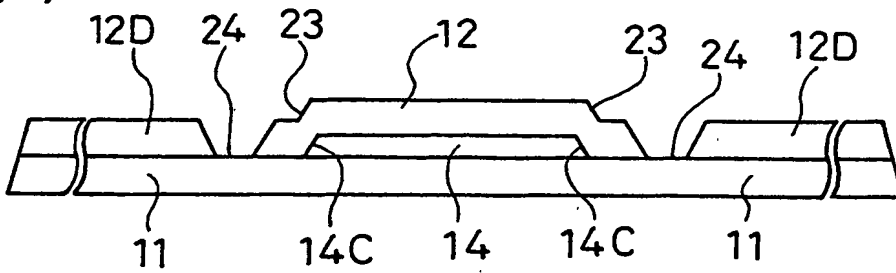
(a)



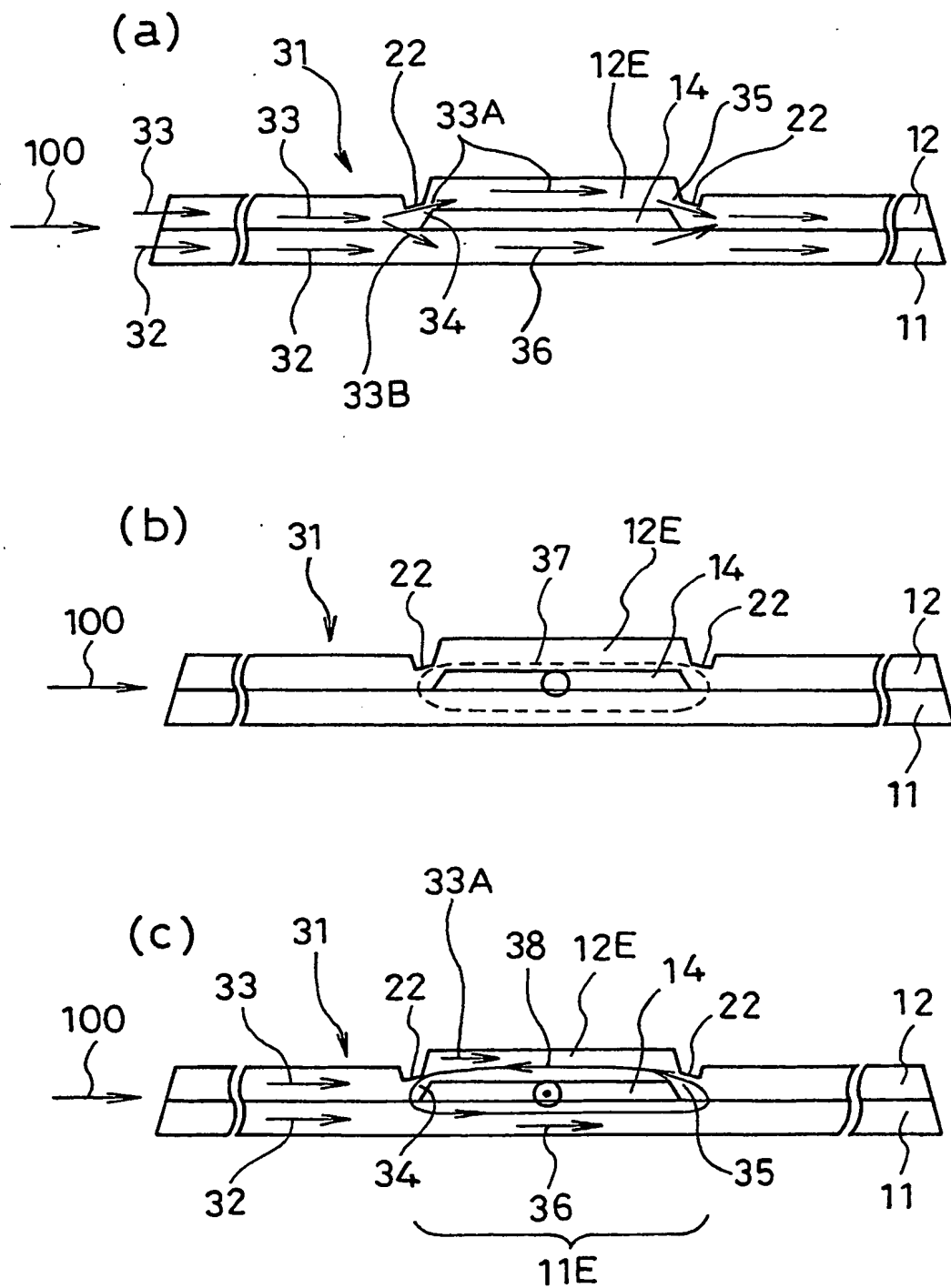
(b)



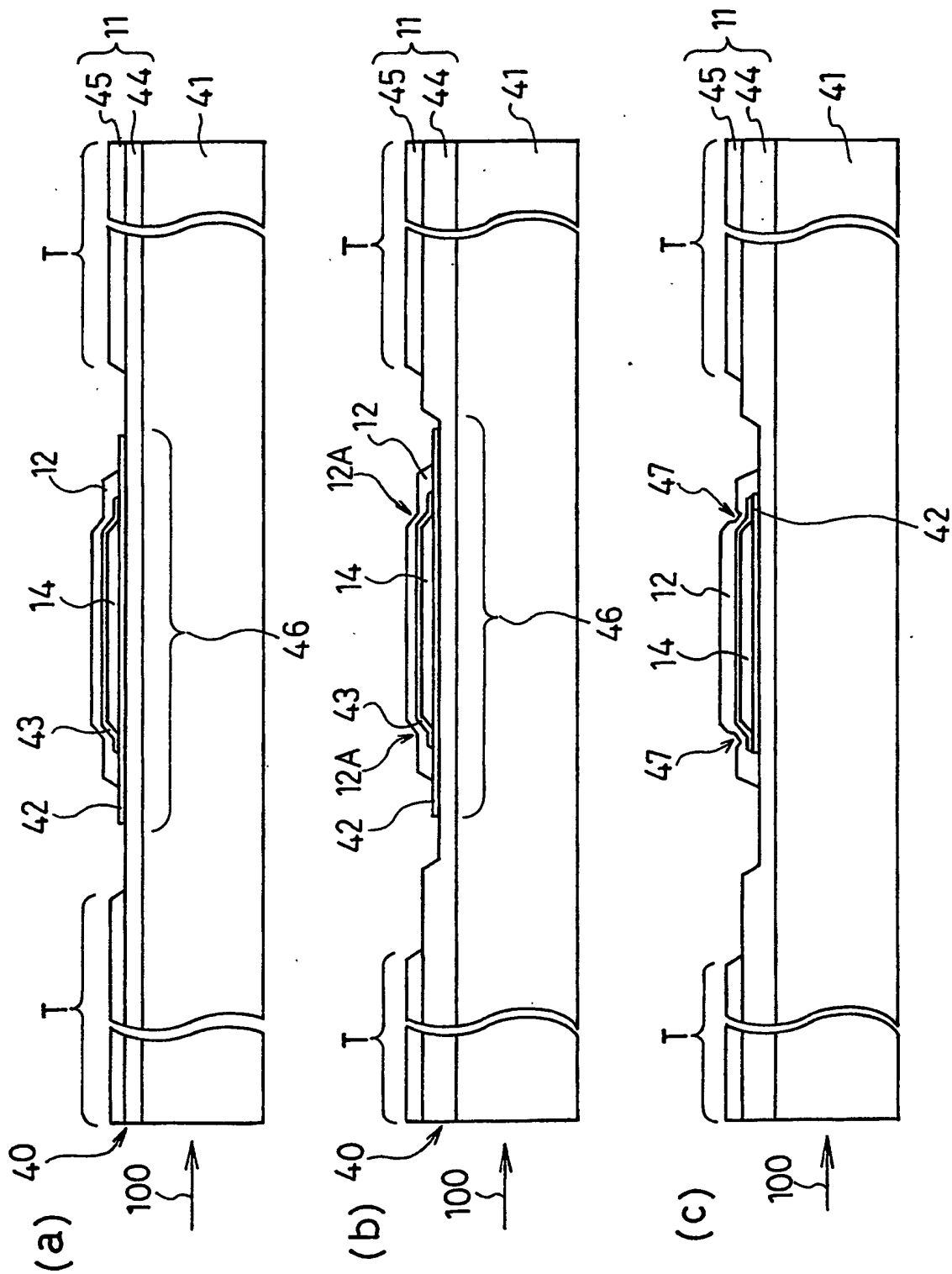
(c)



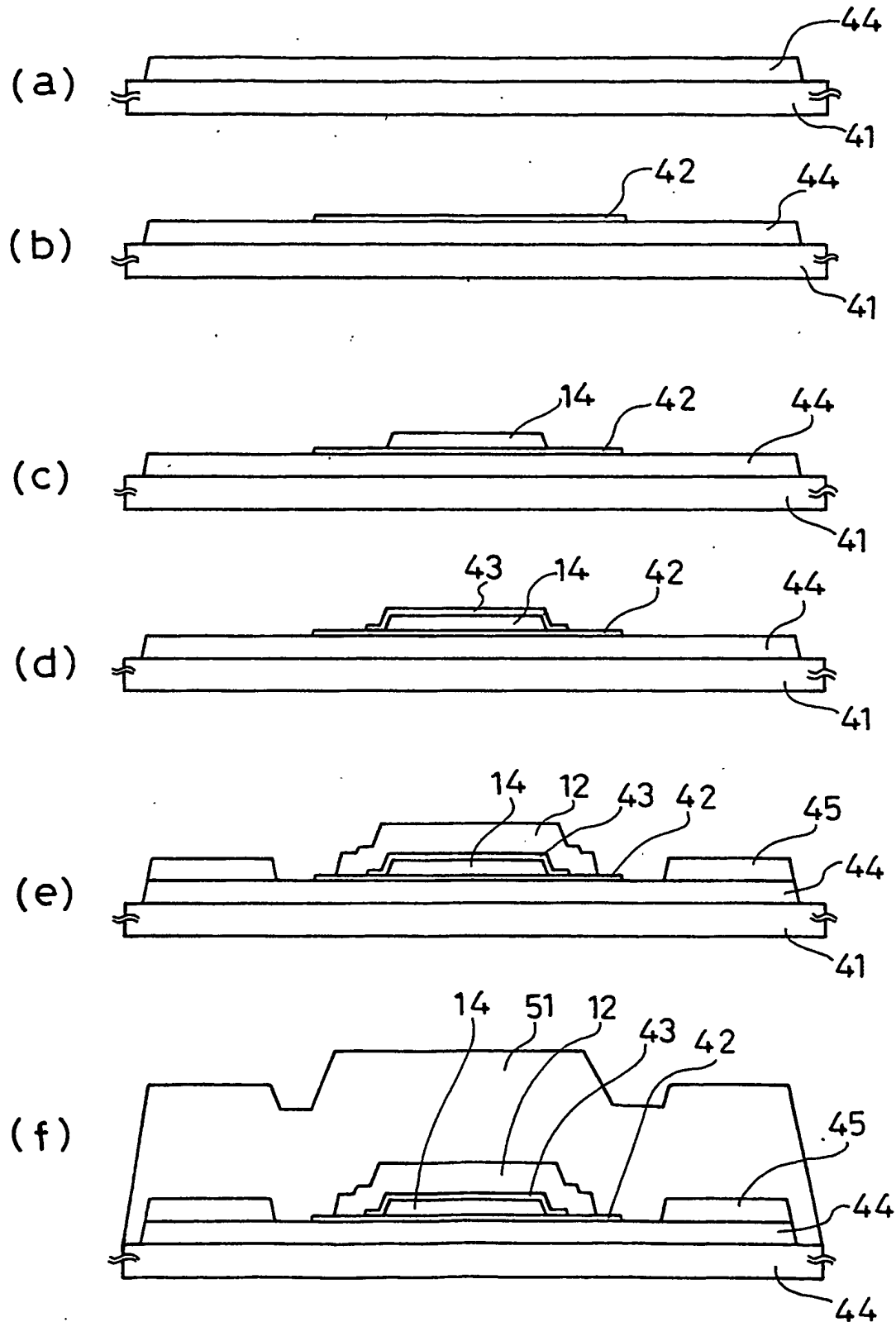
【図3】



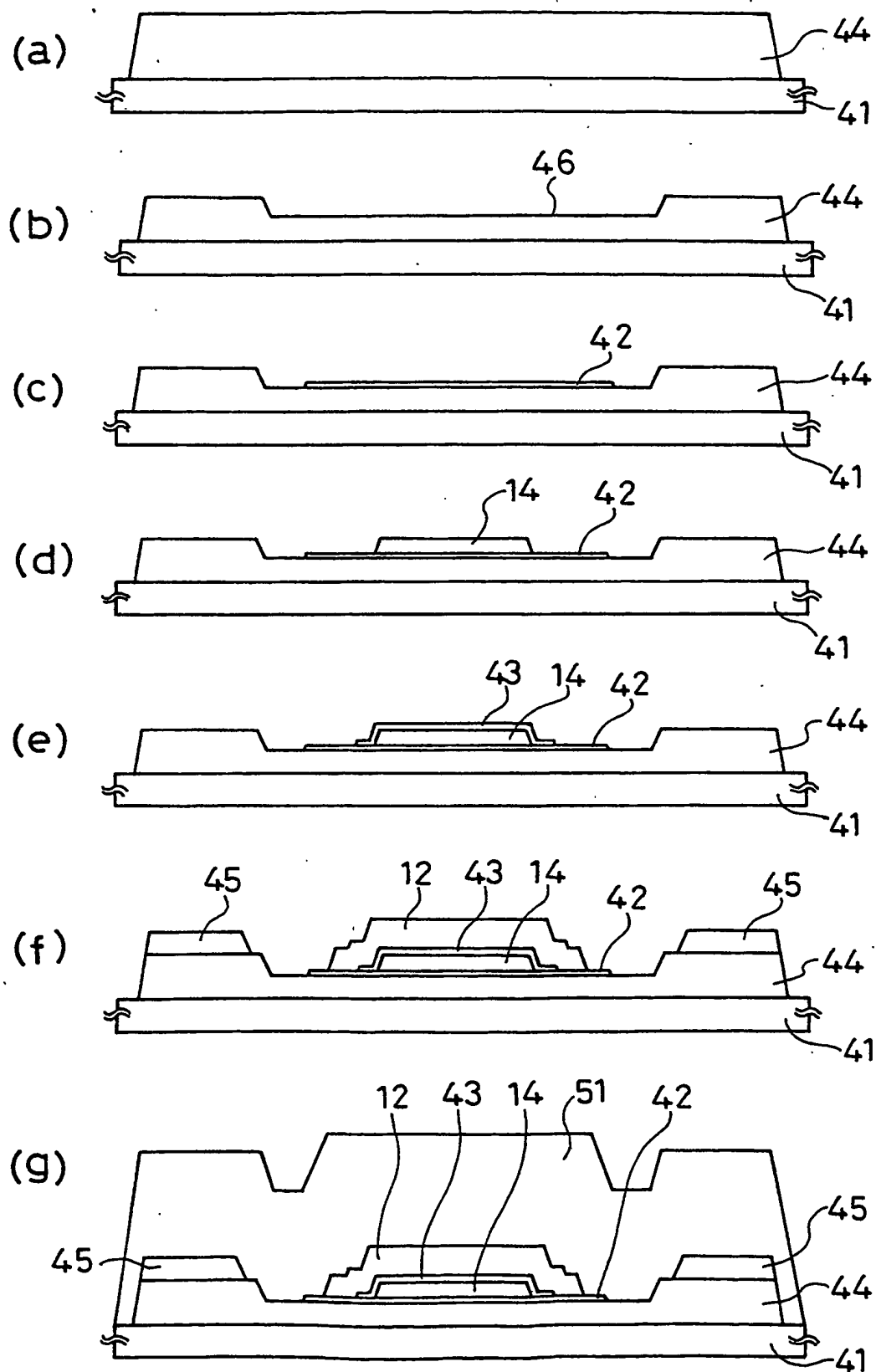
【図5】



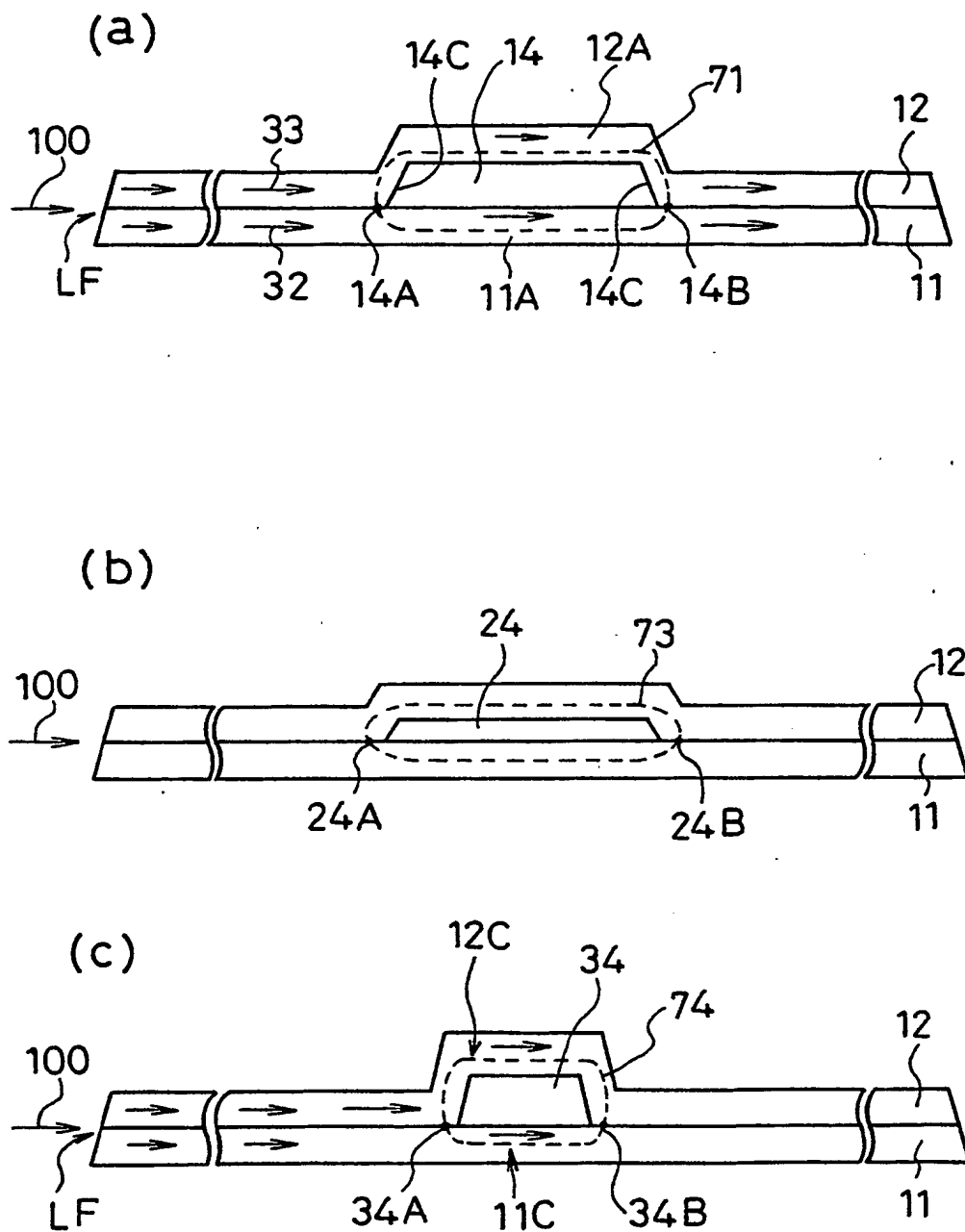
【図6】



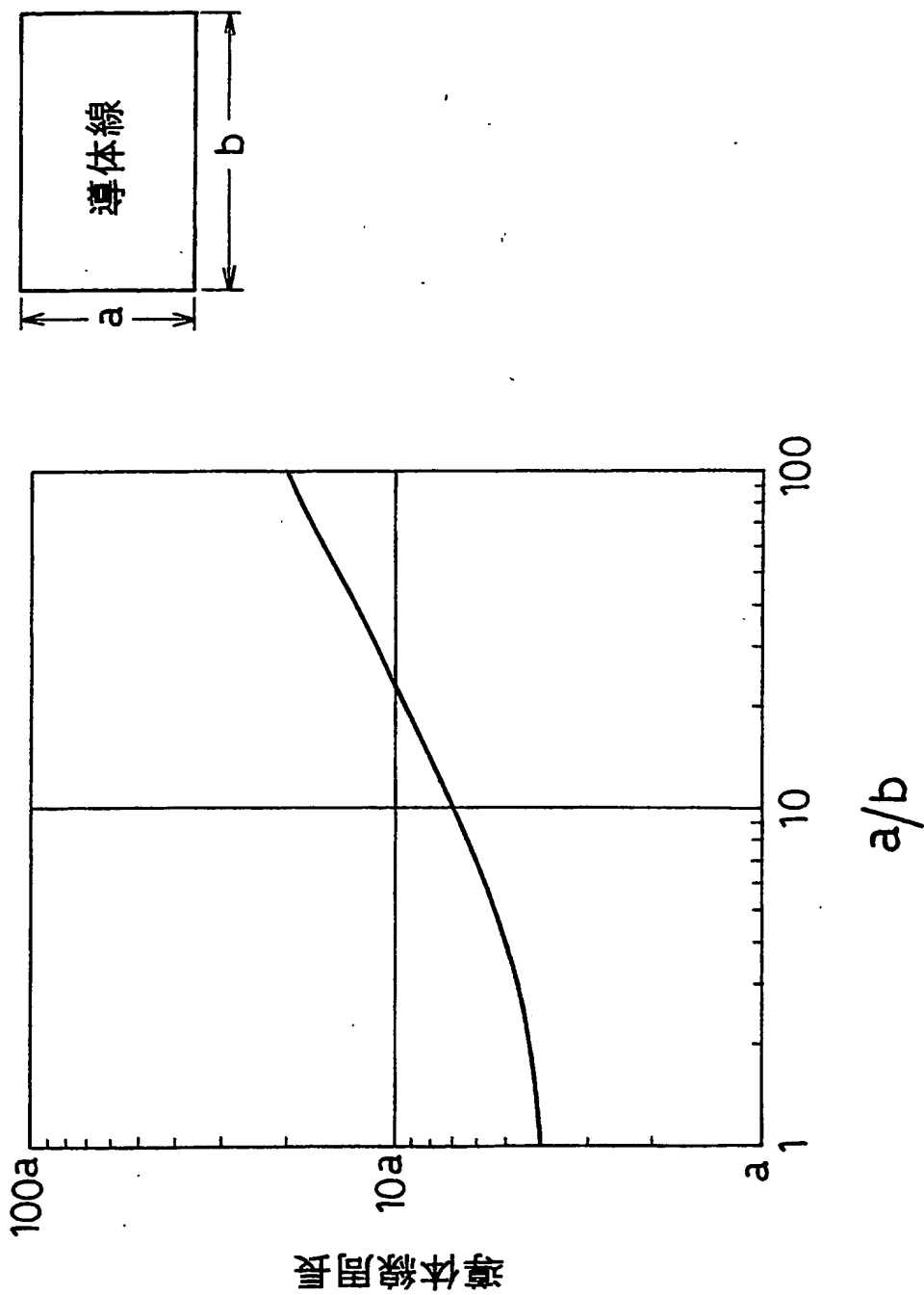
【図7】



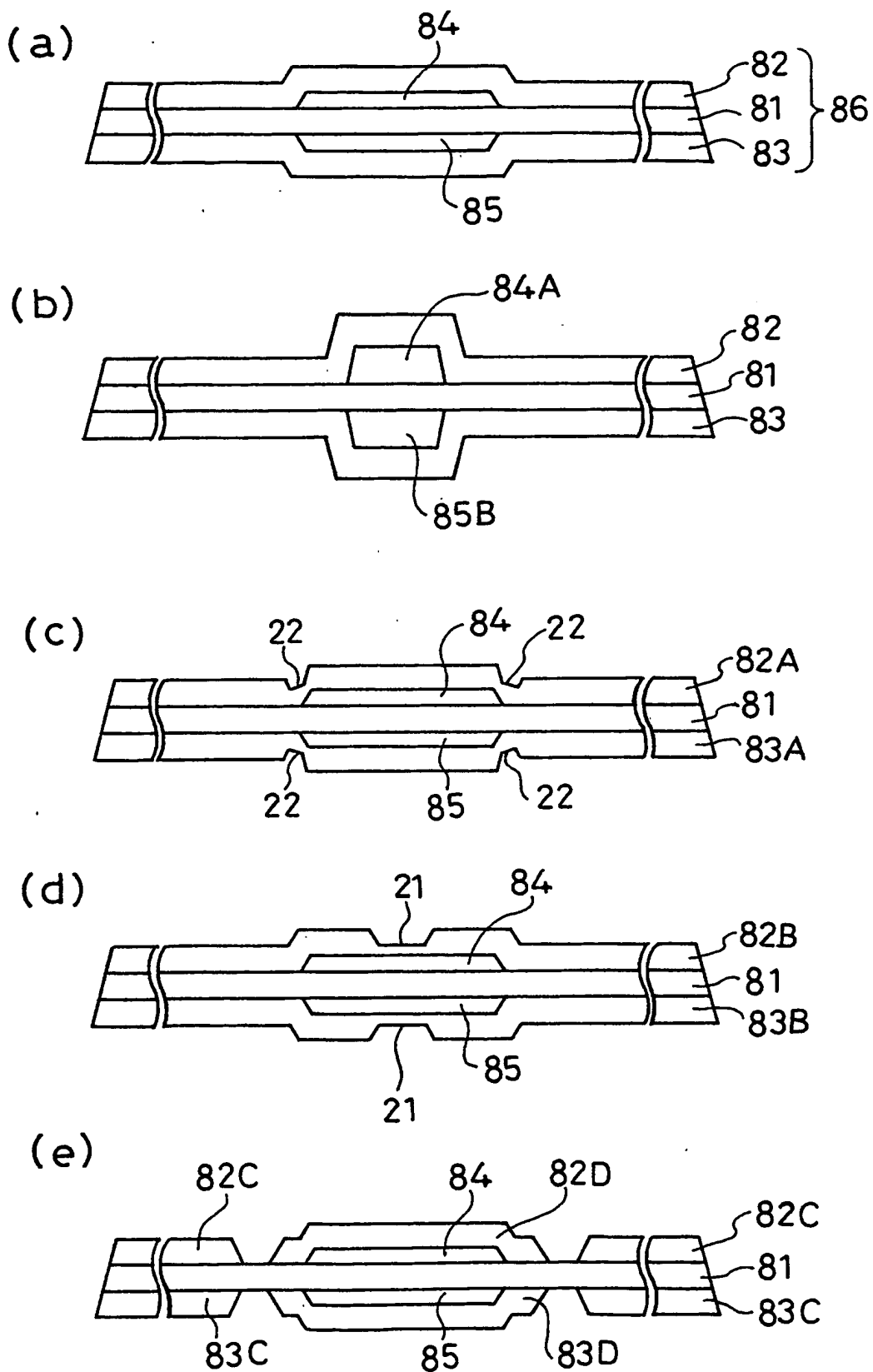
【図8】



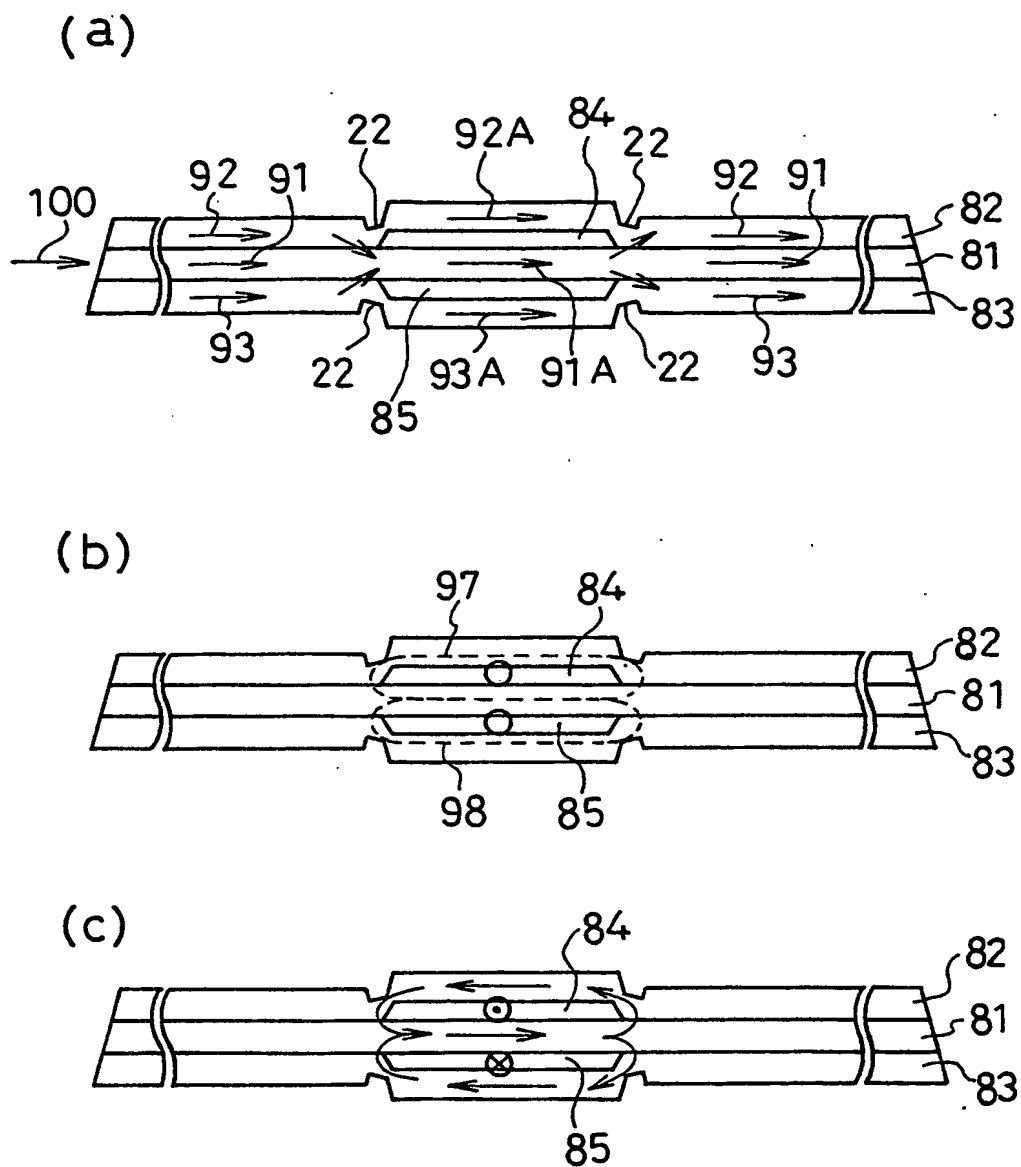
【図9】



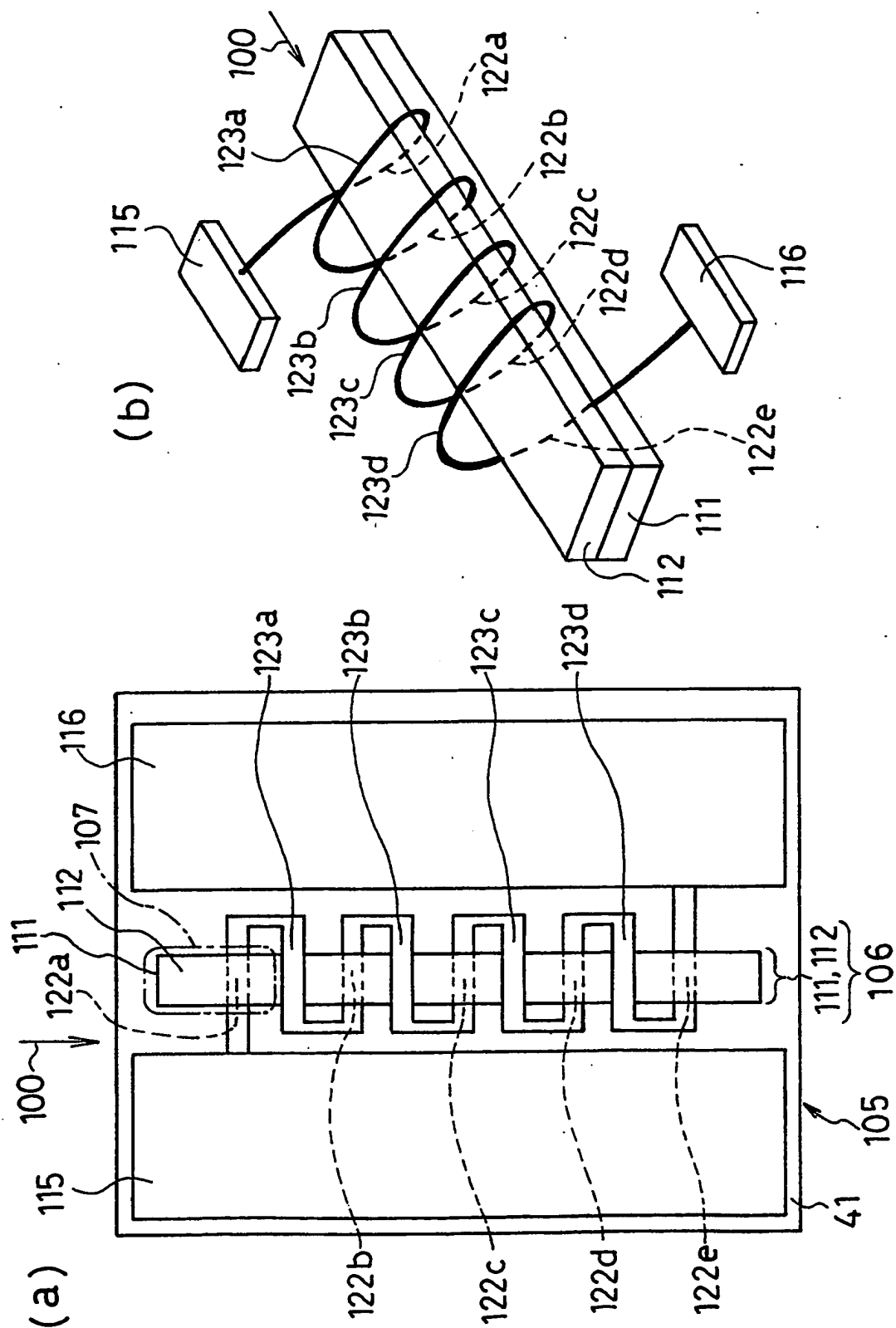
【図10】



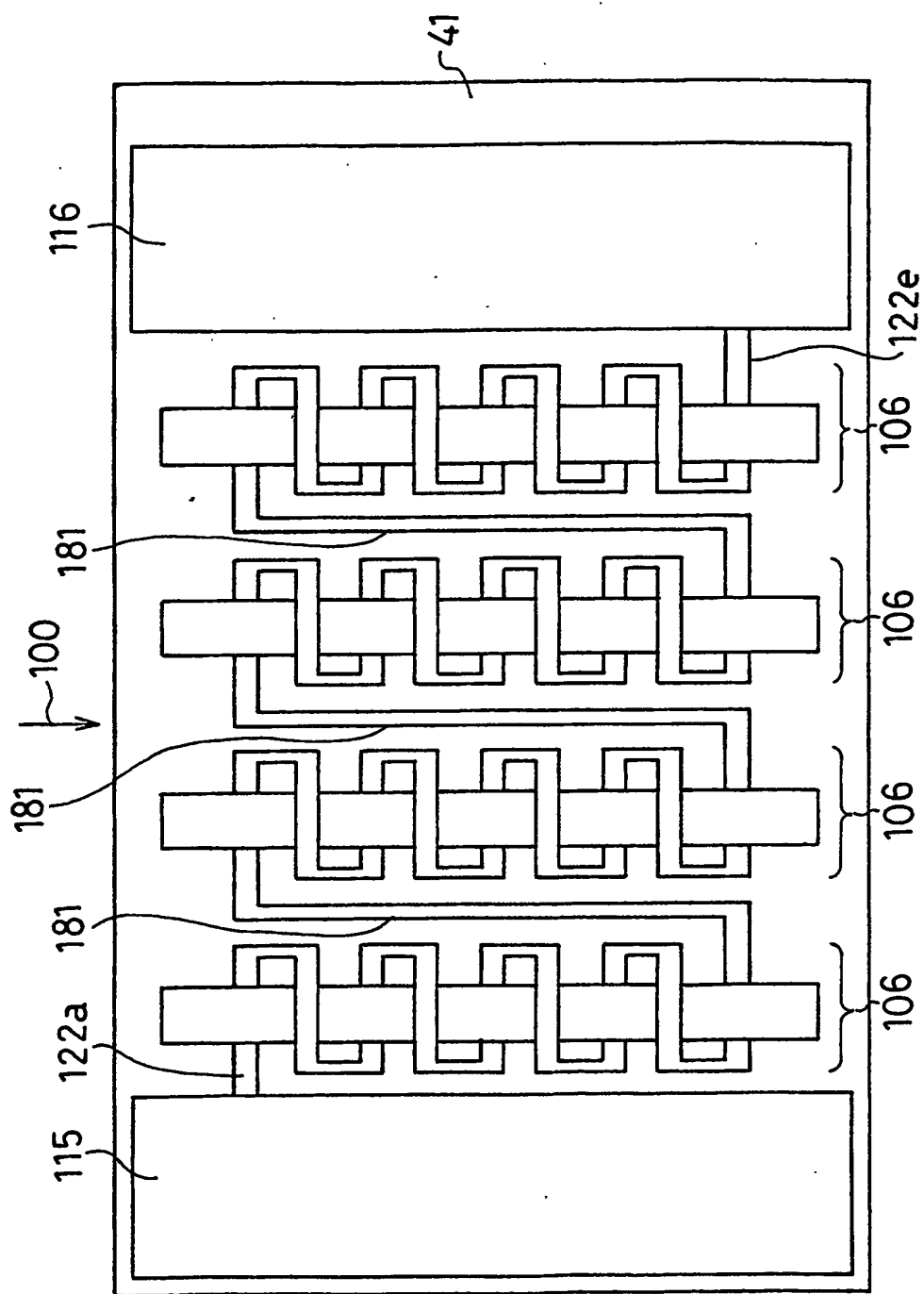
【図11】



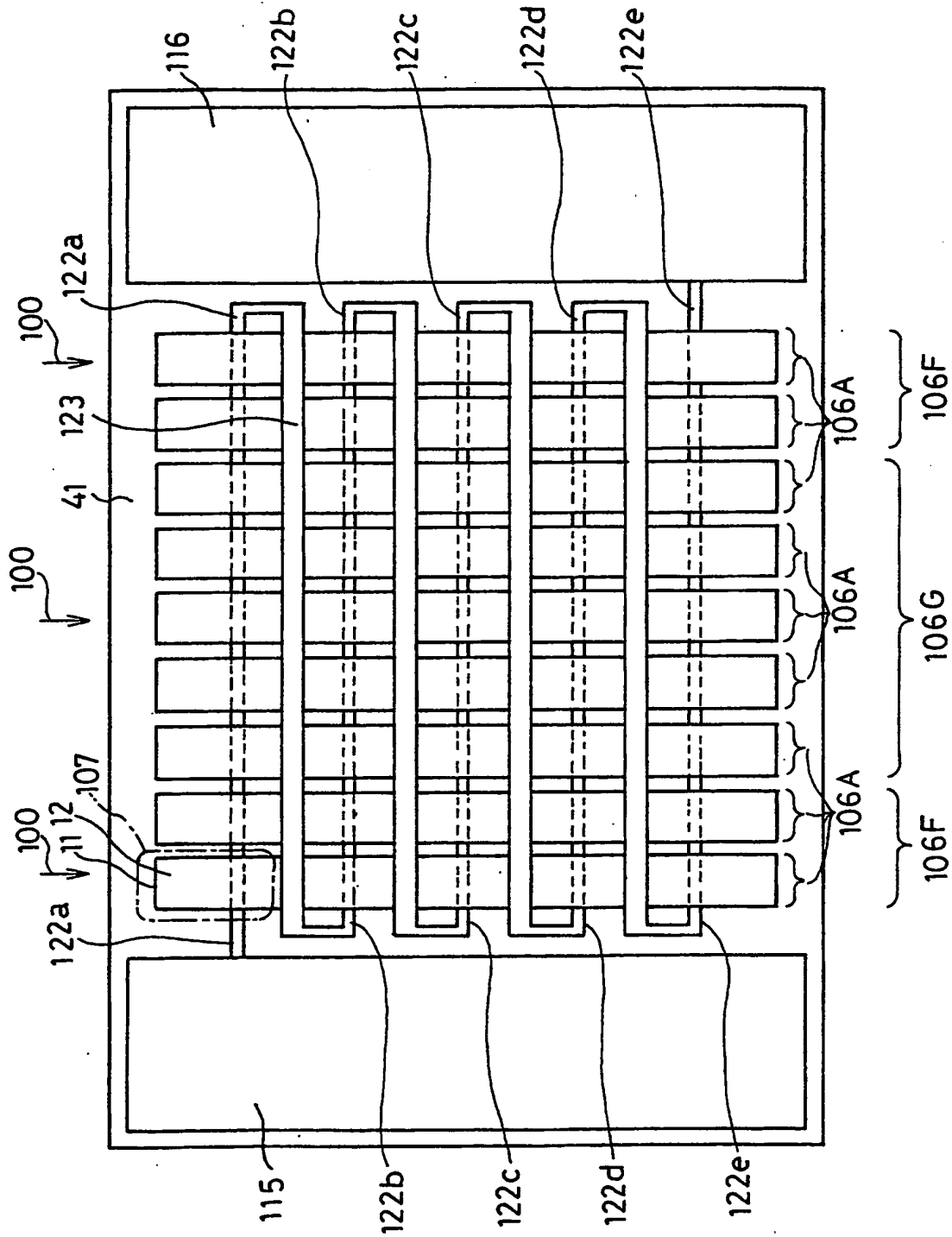
【図12】



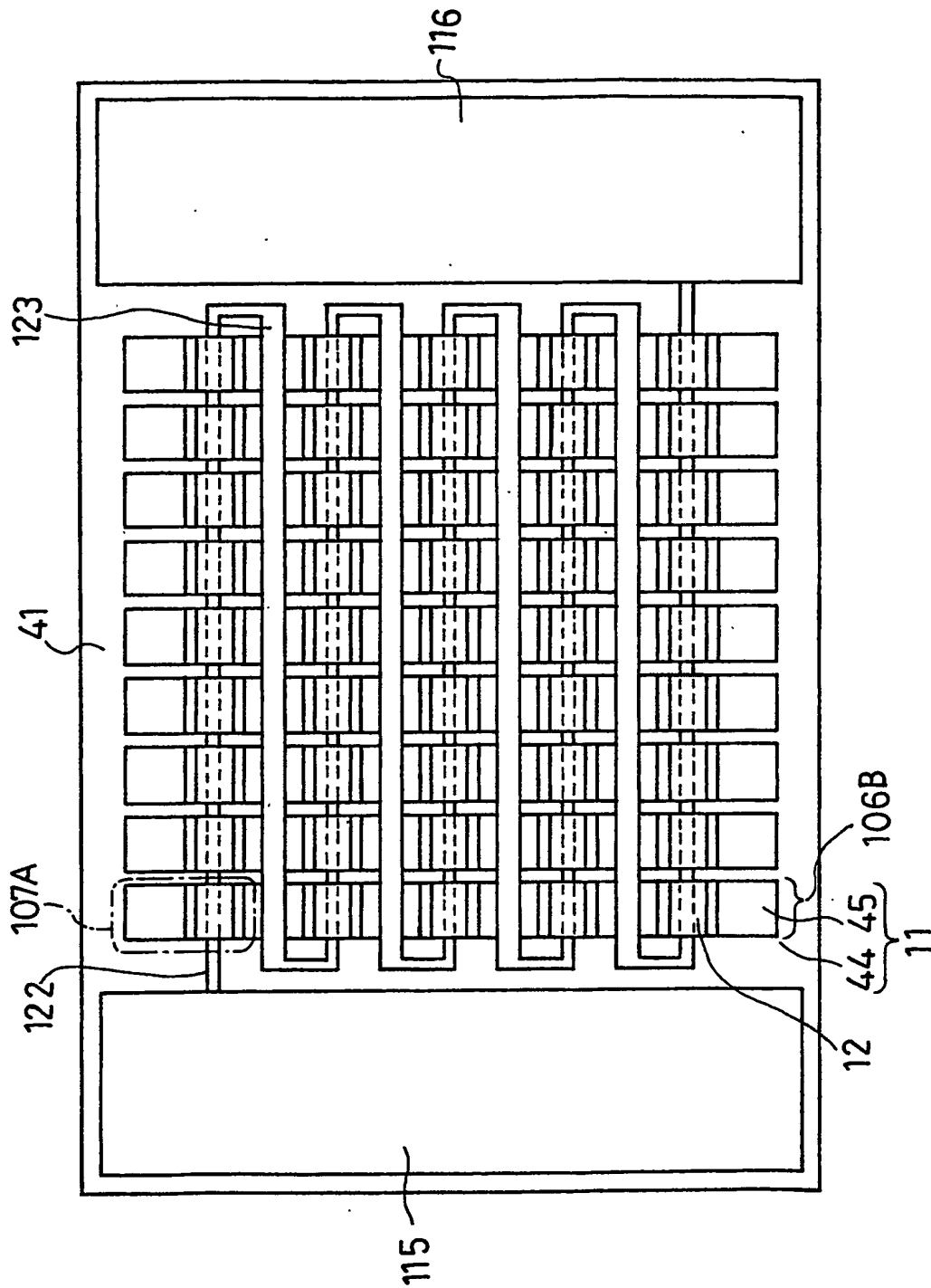
【図13】



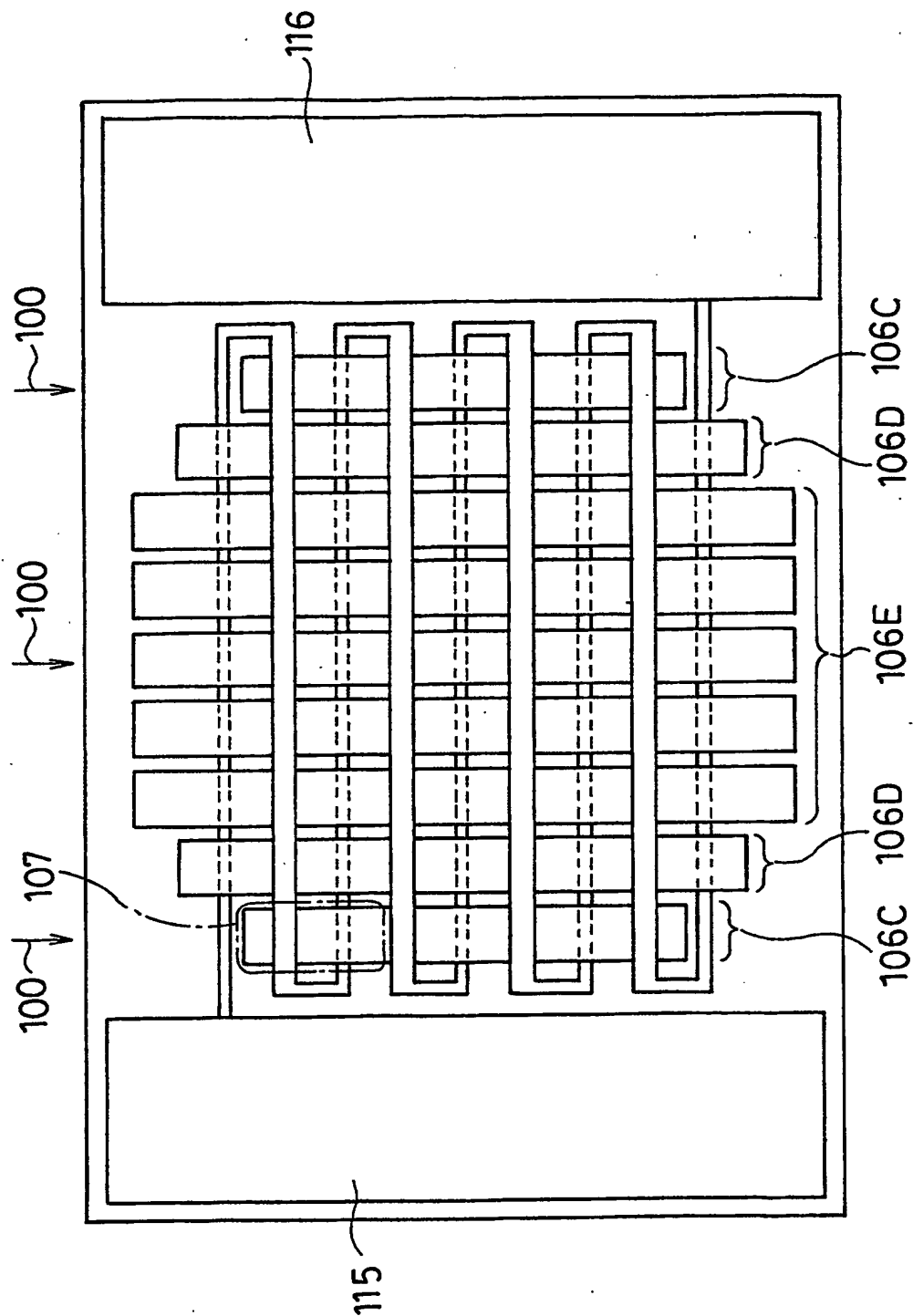
【図14】



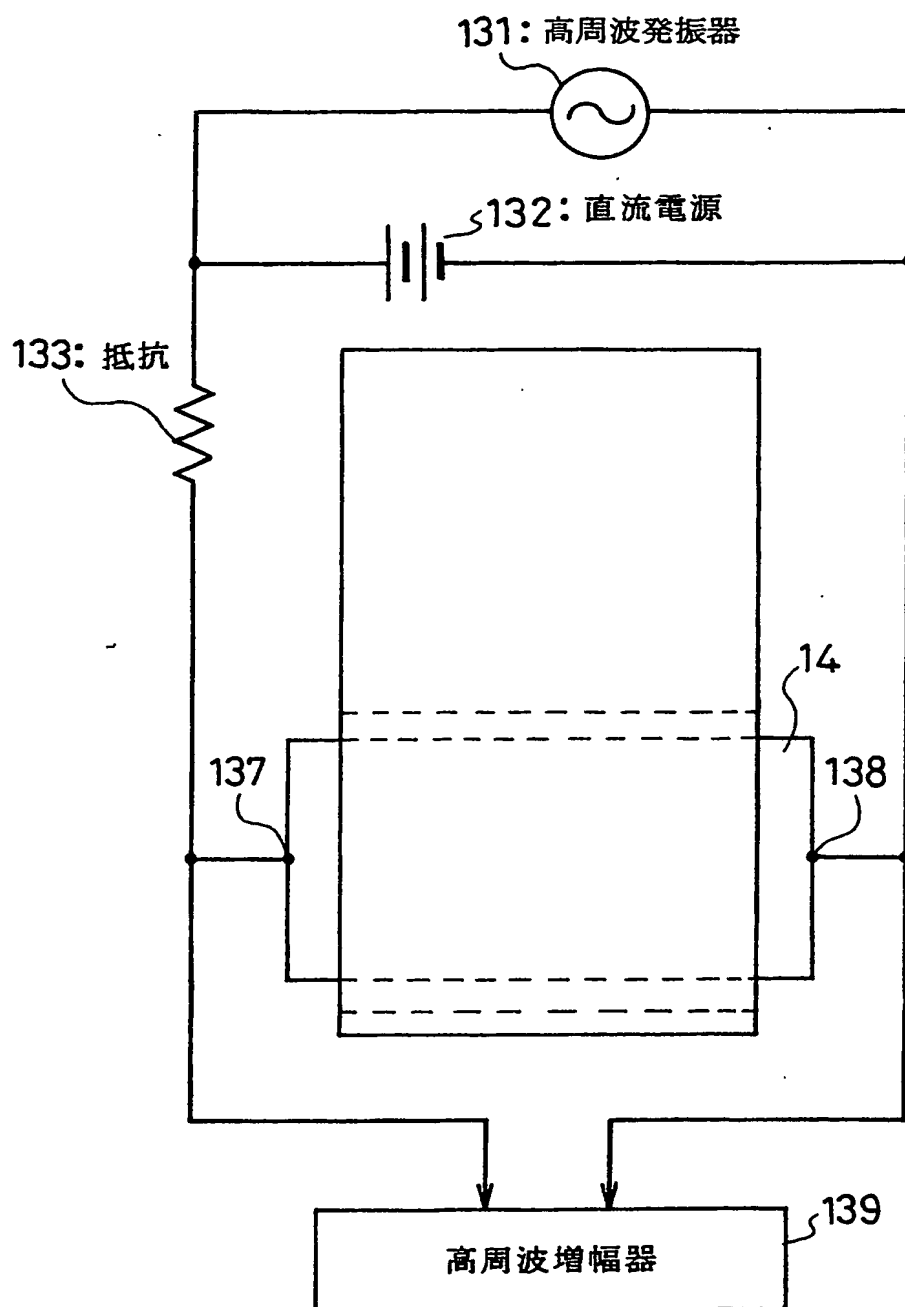
【図15】



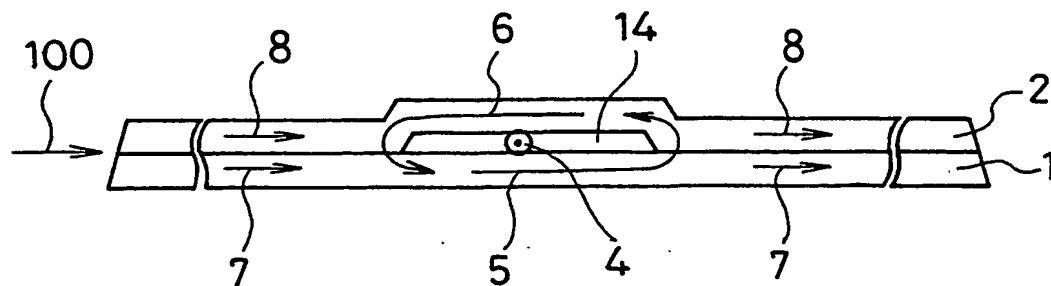
【図16】



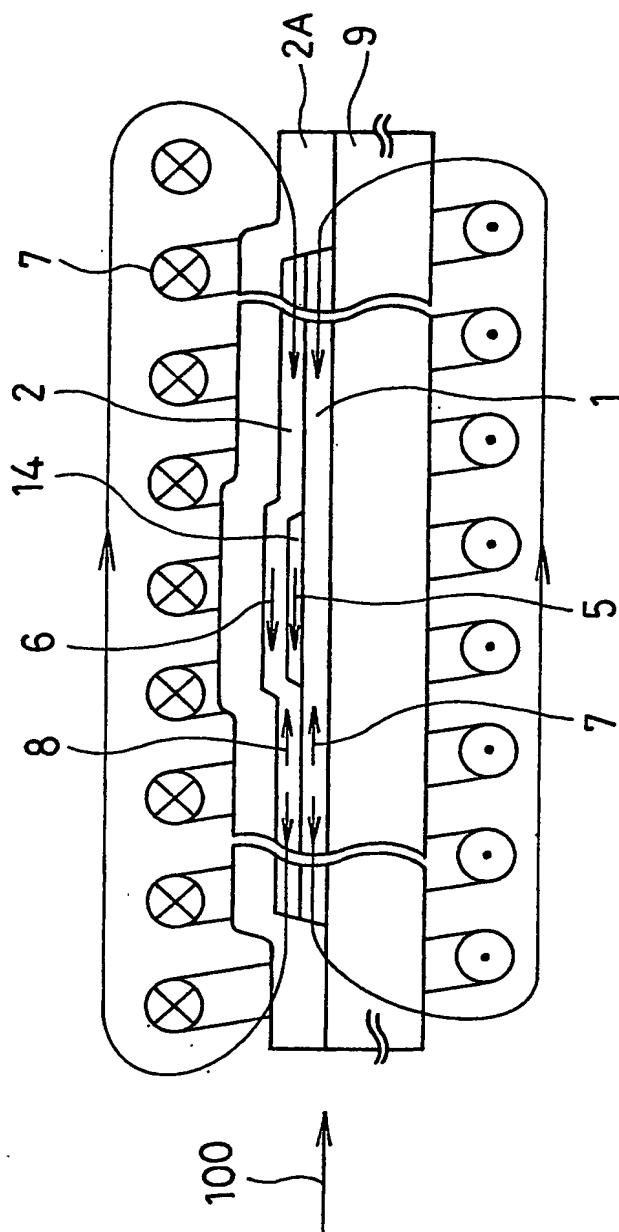
【図17】



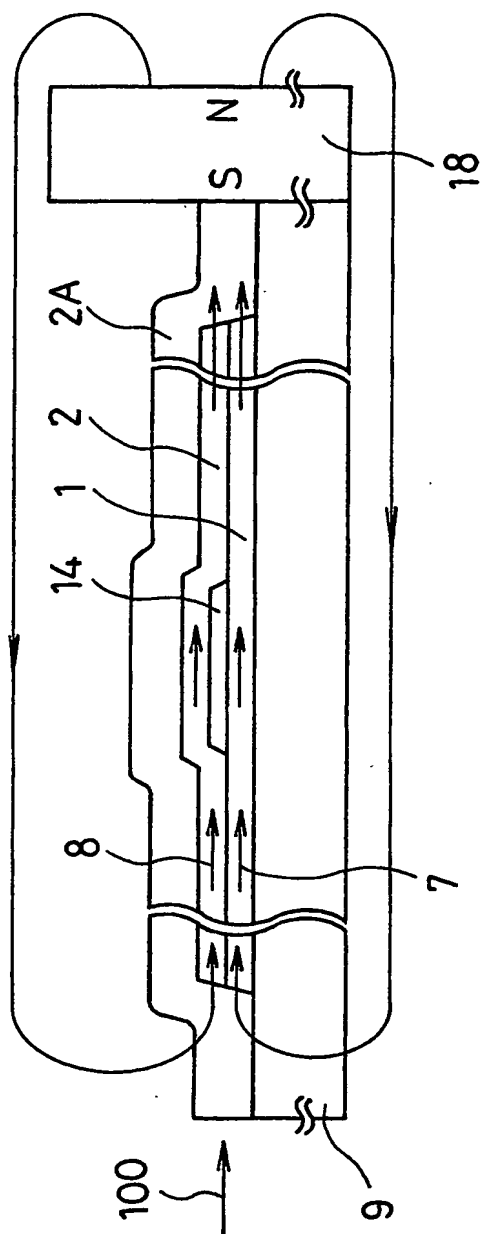
【図18】



【図19】



【図20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 導体貫通型の磁気インピーダンス効果型磁気検出素子のインピーダンスを大きくして高い出力が得られるとともに、直流バイアスの効果が高い高感度の磁気検出素子を提供すること。

【解決手段】 軟磁性膜からなる2つの磁性コアに挟まれた導体線を有し、導体線に直流電流を流して、磁性コアに被検出磁界の方向に平行な方向の直流バイアス磁界をかける。導体線に交流キャリア信号を被検出磁界の方向と直交する方向に流すと、導体周りの磁性コアの厚さが不均一であるために、外部磁界による流入磁束は一方の磁性コアに偏って流れ、導体線のインピーダンスが高くなる。

【選択図】 図1の(b)

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.